



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **DISEÑO DE UNA NUEVA PLANTA PARA UNA PEQUEÑA EMPRESA DE PRODUCTO AGRÍCOLA ECOLÓGICO**

AUTOR:    **ÁNGEL BARQUEROS PROVENCIO**

TUTOR:    **MANUEL JAVIER CARDÓS CARBONERAS**

**Curso Académico: 2020-21**

# RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Máster pretende desarrollar el diseño de una nueva planta en una pequeña empresa de tratamiento y distribución de producto agrícola ecológico. El objetivo es conseguir un diseño de planta que consiga satisfacer la demanda de producción de la empresa en un plazo de 10 años vista.

En los últimos años, ToñiFruit ha experimentado un notable crecimiento en el tratamiento y distribución de producto ecológico gracias a la fuerte tendencia de la población a consumir productos respetuosos con el medioambiente. Esto ha provocado que la empresa haya decidido invertir y desarrollar una nueva planta para continuar esta tendencia ascendente y poder seguir creciendo.

Este proyecto dará comienzo llevando a cabo una descripción del entorno de la empresa. Se parte de una situación inicial en relación con la planta que tienen en funcionamiento. A partir de datos referentes a producción, manutención, movimientos y proceso de transformación de producto, se dimensionarán las diferentes partes de la nueva planta. Asimismo, se detectarán incidencias y aspectos de mejora en la planta actual, se estudiarán sus posibles causas y las soluciones obtenidas se emplearán como hipótesis para el diseño de la nueva.

Una vez definidas las áreas y el modelo de funcionamiento, se plantearán una serie de alternativas de diseño. A continuación, se empleará la metodología SLP para obtener diferentes configuraciones de layout y, mediante el uso de técnicas multicriterio, se determinará la propuesta elegida. Se continuará realizando un estudio económico de la propuesta seleccionada para obtener su periodo de retorno. Luego, se verificará que ese diseño devuelva la inversión antes del plazo previsto. Finalmente, se presentará el plan de implementación de dicho diseño para su correcta implementación.

Palabras clave: diseño, planta, almacén, producto agrícola, producción.

## ABSTRACT

The present Master's Degree Final Project aims to develop a new plant in a small company dedicated to the treatment and distribution of organic agricultural products. The goal is accomplishing a design that fulfills the enterprise's production demand in ten years-time.

During the last few years, ToñiFruit has experimented a significant growth in their production due to the substantial population's tendency to consume eco-friendly products. Such tendency has triggered the company's decision to invest in the development of a new plant. In this way, they pretend to maintain that positive tendency and thrive.

The project will commence by describing the environment of the company. It will start from the initial situation of the operational plant. Then, from the data regarding production, maintenance, movements, and transformation product process, the different parts of the new plant will be sized. Likewise, possible incidents and aspects to improve in the plant will be studied along with their causes. Afterwards, they will be employed as the hypothesis for the design of the new plant.

Once the areas and the functioning model has been defined, several design alternatives will be proposed. For doing this, an SLP methodology will be used in order to obtain different layout settings. Then, by making use of multicriteria techniques, the chosen proposal will be determined. It will go on by carrying out an economic study of the proposal to obtain its payback. Finally, the implementation plan of such design will be presented in order to ensure its proper execution.

Key words: design, plant, store, agricultural product, production.

## RESUM

El present Treball de Fi de Màster pretén desenvolupar un disseny d'una nova planta en una petita empresa de tractament i distribució de producte agrícola ecològic. L'objectiu és aconseguir un disseny de planta que satisfaga la demanda de producció de l'empresa en un plaç de 10 anys vista.

En els últims anys, ToñiFruit ha experimentat un notable creixement en la seua elaboració de producte ecològic gràcies a la forta tendència de la població a consumir productes respetuosos amb el mediambient. Aquest fet ha provocat que l'empresa haja decidit invertir i desenvolupar una nova planta per tal de continuar aquesta tendència ascendent i seguir creixent.

Aquest projecte s'iniciarà duent a terme una descripció de l'entorn de l'empresa. Es partirà d'una situació inicial referent a la planta que es té en funcionament. A partir de dades referents a producció, mantenició, moviments i procés de transformació de producte, es dimensionaran les diferents parts d'aquesta nova planta. Es detectaran incidències i aspectes a millorar en la planta actual, s'estudiaran les seues possibles causes i les solucions obtingudes s'utilitzaran com a hipòtesis per al disseny de la nova planta.

Una vegada definides les àrees i el model de funcionament, es plantejaran una sèrie d'alternatives de disseny. S'utilitzarà la metodologia SLP per tal d'obtenir diferents configuracions de *layout*. A partir de l'ús de tècniques multicriteri, es determinarà la proposta elegida. Es continuarà el projecte realitzant un estudi econòmic de la proposta seleccionada per obtenir el seu període de retorn. Es verificarà que aquest disseny ens torne la inversió abans del plaç previst. Finalment, es presentarà el pla d'implementació d'aquest disseny per a la seua correcta implementació.

Paraules clau: disseny, plant, magatzem, produce agrícola, producció.

## Tabla de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. OBJETO DE ESTUDIO .....	13
1.2. ANTECEDENTES .....	13
1.3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO .....	14
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>15</b>
2.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA .....	15
2.1.1. <i>Historia</i> .....	15
2.1.2. <i>Misión, Visión y Valores</i> .....	15
2.2. UBICACIÓN Y ACTIVIDAD .....	15
2.3. ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN .....	16
2.4. PRODUCTOS .....	17
2.4.1. <i>Gama de productos</i> .....	17
2.4.2. <i>Certificaciones de los productos</i> .....	17
2.5. CADENA DE SUMINISTRO, PROVEEDORES, CLIENTES.....	18
2.6. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS .....	18
2.6.1. <i>Recepción de material</i> .....	18
2.6.2. <i>Almacenaje</i> .....	19
2.6.3. <i>Proceso productivo</i> .....	19
2.6.4. <i>Expedición</i> .....	20
2.6.5. <i>Servicios auxiliares</i> .....	20
<b>3. ANTECEDENTES TEÓRICOS .....</b>	<b>21</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	21
3.2. METODOLOGÍA S.L.P.....	21
3.2.1. <i>Elementos básicos de la metodología S.L.P.</i> .....	21
3.2.2. <i>Fases de la metodología</i> .....	22
3.3. METODOLOGÍA ITERATIVA DE DISEÑO DE UN ALMACÉN .....	29
3.4. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP).....	30
3.4.1. <i>Pasos del método</i> .....	31
3.5. DISEÑO DE ALMACÉN .....	34
3.5.1. <i>Análisis de actividad de los productos</i> .....	34
<b>4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>36</b>

4.1. INTRODUCCIÓN .....	36
4.2. INFORMACIÓN DE LA NUEVA PLANTA .....	36
4.2.1. <i>Ubicación de la nueva planta</i> .....	36
4.2.2. <i>Dimensiones de la planta</i> .....	37
4.3. DEMANDA Y TIPOS DE PRODUCTOS .....	38
4.3.1. <i>Productos</i> .....	38
4.3.2. <i>Variación de la demanda</i> .....	39
4.4. UNIDAD DE CARGA .....	40
4.5. EQUIPOS DE MANUTENCIÓN .....	41
4.6. SISTEMAS DE ALMACENAJE .....	41
<b>5. DISEÑO DE LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA PLANTA .....</b>	<b>43</b>
5.1. ANÁLISIS DE DATOS DE ACTIVIDAD EN EL ALMACÉN .....	43
5.1.1. <i>Previsión de demanda</i> .....	43
5.1.2. <i>Análisis de los productos</i> .....	44
5.1.3. <i>Perfil de inventario</i> .....	44
5.2. DISEÑO DEL ALMACÉN DE PRODUCTO DE CAMPO .....	46
5.2.1. <i>Cálculo de número de huecos necesarios</i> .....	46
5.2.2. <i>Cálculo de la superficie de almacenamiento necesaria</i> .....	48
5.3. DIMENSIONADO DE LA ZONA DE RECEPCIÓN .....	50
5.3.1. <i>Número de muelles</i> .....	51
5.3.2. <i>Cálculo de m<sup>2</sup> de la zona de recepción</i> .....	51
5.4. DISEÑO DEL ALMACÉN DE EXPEDICIÓN .....	52
5.4.1. <i>Cálculo del número de huecos</i> .....	53
5.4.2. <i>Cálculo de m<sup>2</sup> de almacenamiento necesarios</i> .....	53
5.5. DIMENSIONADO DE LA ZONA DE EXPEDICIÓN .....	55
5.5.1. <i>Número de muelles</i> .....	55
5.5.2. <i>Cálculo de m<sup>2</sup> de la zona de expedición</i> .....	56
5.6. DIMENSIONADO DEL ALMACÉN AUXILIAR .....	56
5.6.1. <i>Cálculo del número de huecos necesarios</i> .....	57
5.6.2. <i>Cálculo de m<sup>2</sup> de almacenamiento necesarios</i> .....	57
5.7. SUPERFICIE DE LAS ZONAS RESTANTES .....	58
<b>6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA S.L.P. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>60</b>



6.1. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA.....	60
6.2. ANÁLISIS PRODUCTO-CANTIDAD (P-Q).....	61
6.3. ANÁLISIS DEL RECORRIDO DE LOS PRODUCTOS .....	62
6.3.1. <i>Diagrama de recorrido sencillo</i> .....	63
6.4. RELACIÓN ENTRE ACTIVIDADES.....	65
6.4.1. <i>Tabla Relacional de Actividades</i> .....	65
6.5. DIAGRAMA RELACIONAL DE RECORRIDOS Y/O ACTIVIDADES .....	68
6.5.1. <i>Aplicación de la teoría de Grafos al D.R.A.</i> .....	73
6.6. DETERMINACIÓN DE LOS ESPACIOS.....	76
6.7. DIAGRAMA RELACIONAL DE ESPACIOS .....	77
<b>7. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN.....</b>	<b>79</b>
7.1. ALTERNATIVA 1.....	80
7.2. ALTERNATIVA 2.....	82
7.3. ALTERNATIVA 3.....	85
7.4. ALTERNATIVA 4.....	87
7.5. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA .....	89
7.5.1. <i>Criterios de selección</i> .....	89
7.5.2. <i>Ponderación de criterios</i> .....	90
7.5.3. <i>Ponderación de alternativas</i> .....	91
7.5.4. <i>Valoración final y selección de la alternativa</i> .....	93
<b>8. DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE LA SELECCIÓN PROPUESTA .....</b>	<b>94</b>
8.1. INTRODUCCIÓN .....	94
8.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS ALMACENES.....	94
8.2.1. <i>Recepción y cámara de campo</i> .....	94
8.2.2. <i>Almacén de producto auxiliar</i> .....	95
8.2.3. <i>Expedición y cámara de producto final</i> .....	96
8.3. DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN .....	97
8.3.1. <i>Volcado de cajas</i> .....	97
8.3.2. <i>Zona de tratamiento y envasado</i> .....	98
8.4. DISTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.....	100
8.5. REPRESENTACIÓN COMPLETA DE LA PLANTA.....	101
<b>9. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....</b>	<b>103</b>



9.1. OBRA CIVIL.....	103
9.2. INSTALACIONES.....	105
9.3. SEGURIDAD Y SALUD .....	107
9.4. CONTROL DE CALIDAD .....	107
9.5. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	107
9.6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	107
<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>111</b>
<b>12. ANEXOS.....</b>	<b>113</b>
12.1. DISTRIBUCIÓN PLANTA ACTUAL .....	113
12.2. PLANO 1. ALTERNATIVA 1.....	113
12.3. PLANO 2. ALTERNATIVA 2.....	113
12.4. PLANO 3. ALTERNATIVA 3.....	113
12.5. PLANO 4. ALTERNATIVA 4.....	113
12.6. PLANO 5. DISTRIBUCIÓN DE LA NUEVA PLANTA .....	113



## Índice de Figuras

Figura 2.1. Ubicación geográfica de la planta de ToñiFruit (Maps, 2021) .....	16
Figura 2.2. Estructura de la organización.....	16
Figura 2.3. Variedades de productos ecológicos (ToñiFruit, 2021) .....	17
Figura 3.1. Esquema fases S.L.P. (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995) .....	23
Figura 3.2. Formación de la T.R.A. (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995) .....	26
Figura 3.3. Simbología del Diagrama de Recorridos y/o Actividades (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995) .....	26
Figura 3.4. Simbología del Diagrama Relacional de Espacios (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995) .....	28
Figura 3.5. Esquema de la metodología iterativa de diseño (Cardos Carboneras, 2021) (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020) .....	30
Figura 3.6. Jerarquía del problema (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020) .....	31
Figura 3.7. Establecimiento de prioridades entre las alternativas para cada criterio. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020) .....	34
Figura 4.1. Ubicación y superficie de la parcela. (Google Maps, 2021) .....	36
Figura 4.2. Vista satélite de la parcela y de la nave. (Google Maps, 2021) .....	37
Figura 4.3. Representación del área de la parcela. (Elaboración propia) .....	37
Figura 4.4. Palé de campo (ToñiFruit, 2021) (Rotomshop, 2021) .....	40
Figura 4.5. Caja plegable (Rotomshop, 2021) .....	40
Figura 4.6. Sistemas de mantenimiento (ToñiFruit, 2021) .....	41
Figura 4.7. Apilado en bloque dentro de la cámara frigorífica (ToñiFruit, 2021) .....	42
Figura 5.1. Previsión de la producción para cada año. (Elaboración propia) .....	43
Figura 5.2. Clasificación ABC de los productos. (Elaboración propia) .....	44
Figura 5.3. Evolución de la demanda anual de cada producto. (Elaboración propia) .....	45
Figura 5.4. Evolución mensual de la demanda (Elaboración propia).....	45
Figura 5.5. Vista en planta de las dimensiones y separación entre cada bloque. (Elaboración propia)	49
Figura 5.6. Vista de perfil de los palés apilados. (Elaboración propia) .....	49
Figura 5.7. Vista en planta de las dimensiones y separación entre cada bloque. (Elaboración propia)	53
Figura 5.8. Vista de perfil de las dimensiones y separación entre cada palé. (Elaboración propia) .....	54
Figura 5.9. Vista de perfil de los palés apilados (Elaboración propia). .....	58

Figura 6.1. Representación gráfica del Análisis P-Q (Elaboración propia).....	61
Figura 6.2. Diferentes casos de gráficas P-Q (Perez Salvatierra, 2014) .....	62
Figura 6.3. Tipos de Análisis de Recorrido de los Productos (Perez Salvatierra, 2014).....	63
Figura 6.4. Diagrama de Recorrido Sencillo del proceso. (Elaboración propia) .....	64
Figura 6.5. T.R.A del caso de estudio (Elaboración propia) .....	67
Figura 6.6. Representación de las uniones de tipo “A” (Elaboración propia) .....	70
Figura 6.7. Representación de las uniones tipo “A” y tipo “E” (Elaboración propia) .....	71
Figura 6.8. Representación de las uniones hasta la de tipo "I" (Elaboración propia) .....	71
Figura 6.9. Representación de las uniones hasta las de tipo “O” (Elaboración propia) .....	72
Figura 6.10. Representación completa del Diagrama Relacional de Actividades (Elaboración propia) 72	
Figura 6.11. Grafo Planar Ponderado Maximal (Elaboración propia).....	74
Figura 6.12. Grafo Dual (Elaboración propia) .....	75
Figura 6.13. Construcción del layout de bloques (Elaboración propia).....	75
Figura 6.14. Diagrama Relacional de Espacios (Elaboración propia) .....	78
Figura 7.1. Alternativa 1 de layout (Elaboración propia).....	80
Figura 7.2. Alternativa 2 (Elaboración propia) .....	83
Figura 7.3. Alternativa 3 (Elaboración propia) .....	85
Figura 7.4. Alternativa 4 (Elaboración propia) .....	88
Figura 8.1. Representación de la distribución de las cámaras de campo (Elaboración propia) .....	95
Figura 8.2. Primera distribución del almacén auxiliar (Elaboración propia).....	95
Figura 8.3. Segunda distribución del almacén auxiliar (Elaboración propia).....	96
Figura 8.4. Distribución de las cámaras de producto final (Elaboración propia).....	97
Figura 8.5. Distribución de la zona de volcado de cajas (Elaboración propia) .....	98
Figura 8.6. Distribución de la zona de tratamiento y clasificación del producto (Elaboración propia).99	
Figura 8.7. Distribución de la zona de envasado y paletizado del producto (Elaboración propia) .....	99
Figura 8.8. Distribución de los servicios auxiliares (Elaboración propia).....	100
Figura 8.9. Representación de la planta completa (Elaboración propia) .....	101
Figura 8.10. Representación de la planta con los accesos de vehículos (Elaboración propia) .....	102

## Índice de Tablas

Tabla 3.1. Simbología del Diagrama de Recorrido de los productos (O.I.T.,83) .....	24
Tabla 3.2. Forma de relacionar los Medios de Producción (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995) .....	25
Tabla 3.3. Escala de valores de la T.R.A (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995) .....	25
Tabla 3.4. Trazos y colores del D.R.A (Muther, 1981).....	27
Tabla 3.5. Escala de valores según importancia relativa de criterios (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020) .....	32
Tabla 3.6. Matriz de prioridades 3x3. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020) .....	32
Tabla 3.7. Valores del índice de consistencia aleatorio en función de la matriz. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020) .....	33
Tabla 3.8. Clasificación de los artículos según su rotación. (Cardos Carboneras+, et al., 2003) .....	35
Tabla 4.1. Variedades de productos y época de recolección (ToñiFruit, 2021).....	38
Tabla 4.2. Datos de producción por familia de producto. (Elaboración propia) .....	39
Tabla 4.3. Producción mensual de cada producto. (Elaboración propia).....	39
Tabla 5.1. Características operativas de los camiones de campo. (Elaboración propia).....	47
Tabla 5.2. Demanda media diaria. (Elaboración propia) .....	47
Tabla 5.3. Datos de demanda diaria para cada mes. (Elaboración propia) .....	47
Tabla 5.4. Número de camiones y palés diarios para cada mes. (Elaboración propia) .....	48
Tabla 5.5. Dimensiones de palé y de hueco (Elaboración propia).....	50
Tabla 5.6. Tiempo recepción de los camiones. (Elaboración propia) .....	51
Tabla 5.7. Nº de palés que se reciben durante una hora para el camión 1. (Elaboración propia) 51	
Tabla 5.8. Nº de palés que se reciben durante una hora para el camión 1. (Elaboración propia) 51	
Tabla 5.9. Dimensiones de palé europeo y de hueco (Elaboración propia) .....	54
Tabla 5.10. Dimensiones y capacidad del tráiler frigorífico (DSV , 2021) .....	55
Tabla 5.11. Tiempo expedición de los camiones. (Elaboración propia) .....	55
Tabla 5.12. Nº de palés que se cargan durante una hora en el tráiler. (Elaboración propia) .....	56
Tabla 5.13. Cálculo número de palés de material auxiliar. (Elaboración propia) .....	57
Tabla 5.14. Dimensiones de palé europeo y de hueco (Elaboración propia) .....	58
Tabla 7.1. Dimensiones de las secciones de la alternativa 1 (Elaboración propia) .....	81

Tabla 7.2. Dimensiones de las secciones de la alternativa 2 (Elaboración propia) .....	83
Tabla 7.3. Dimensiones de las secciones de la alternativa 3 (Elaboración propia) .....	86
Tabla 7.4 Dimensiones de las secciones de la alternativa 4 (Elaboración propia) .....	88
Tabla 7.5. Escala de valores según importancia relativa de criterios (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020) .....	90
Tabla 7.6. Matriz de prioridades obtenida (Elaboración propia).....	90
Tabla 7.7. Pesos obtenidos en los diferentes criterios (Elaboración propia) .....	91
Tabla 7.8. Evaluación del criterio "Flujo del proceso" (Elaboración propia) .....	91
Tabla 7.9. Evaluación del criterio "Accesos" (Elaboración propia) .....	92
Tabla 7.10. Evaluación del criterio "Capacidad de almacenaje" (Elaboración propia).....	92
Tabla 7.11. Evaluación del criterio "Movimientos internos" (Elaboración propia) .....	92
Tabla 7.12. Evaluación del criterio "Servicios auxiliares" (Elaboración propia) .....	93
Tabla 7.13. Resultados del análisis AHP (Elaboración propia) .....	93
Tabla 9.1. Costes de cada partición correspondientes a la obra civil (Grupotec, 2020) .....	105
Tabla 9.2. Costes de cada partición correspondientes a las instalaciones (Grupotec, 2020) .....	107
Tabla 9.3. Representación de los costes totales de presupuesto.....	108

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objeto de estudio

El objetivo de este proyecto es diseñar una nueva planta de tratamiento de producto frutícola que consiga devolver la inversión en un periodo inferior a 7 años. Ese diseño debe cumplir una serie de características, que son las que ya se emplean en la planta actualmente en funcionamiento.

En la actualidad, esta empresa experimenta un auténtico auge en su sector debido, entre otros factores, a que trata con productos puramente ecológicos. Este tipo de producto está siendo muy demandado hoy en día, en gran medida por el fuerte cambio que está experimentando la sociedad en sus hábitos, más concienciada con el medioambiente. De este modo, ha llevado a la empresa a ampliar su planta con la adquisición de otra para aprovechar este auge.

En este tipo de empresa el volumen de producción está fuertemente ligado a la estación del año, contando con periodos de muy poca demanda que contrastan con los periodos de temporada alta. Por lo tanto, es fundamental tener una estructura de funcionamiento bien definida y un diseño de las áreas funcionales muy determinado para que en esos periodos de gran producción no se den complicaciones que repercutan en una pérdida económica.

La distribución en planta se constituye como un proceso de ordenación que necesita de una planificación previa. Por tanto, se tiene que partir de unas consideraciones iniciales. De esta manera se comenzará definiendo el producto con el que tratan y comercializan, así como el proceso productivo para llevar a cabo dicho tratamiento. Tanto este proceso de producción como el producto van a ser similares a los que hay en la planta actual.

Para conseguir este objetivo, será necesario, a partir de una serie de datos, calcular los requerimientos de espacio de cada actividad productiva y, aplicando la metodología SLP diseñar varias alternativas de distribución. Con ayuda de históricos de producción, medios de manutención y de la propia configuración de la empresa se elaborarán dichas alternativas en base a una superficie de almacén ya establecida.

Mediante la técnica multicriterio AHP se determinará cual es la configuración más adecuada, para lo cual nos basaremos en varios criterios entre los que destacan:

- Maximizar la utilización del espacio disponible en términos de metros cúbicos.
- Minimizar las operaciones de manipulación y transporte interno.

### 1.2. Antecedentes

La empresa ToñiFruit cuenta actualmente con una finca de 82.000 m<sup>2</sup> en el término municipal de Librilla, en Murcia. Gracias a un aumento en el consumo de este tipo de productos, la empresa quiere aumentar la producción.

Como punto de partida se cuenta pues con la actual nave que tienen en funcionamiento. Para el desarrollo de la nueva planta los datos y especificaciones se recopilarán en base a la actual, y se realizará una ampliación, llevando a cabo la misma estructura de funcionamiento que se está realizando actualmente.

### 1.3. Estructura del documento

El presente trabajo consta de cinco partes. En primer lugar, se describirá de la situación actual, desde la presentación de la empresa en cuestión como el tipo de producto que comercializa, y el proceso productivo que emplea.

La segunda parte se centra en el aspecto académico. Se aplicarán los conceptos teóricos aprendidos en la especialidad de gestión para aplicar la metodología correspondiente. De esta manera, esta parte servirá de conexión entre el aspecto académico y la aplicación a un caso real.

En la siguiente parte se analiza la situación actual previamente descrita. Se describirá el proceso productivo para poder implementarlo en la nueva construcción. Se identificarán causas y problemas encontrados para justificar la necesidad de desarrollar este trabajo para su mejora.

La cuarta parte consiste en proponer varias configuraciones de planta, cada una con sus ventajas e inconvenientes. Se evaluará el impacto de cada y, mediante una técnica multicriterio, seleccionaremos la propuesta ganadora.

Una vez determinada la solución, se describirá detalladamente, estimando sus resultados operativos y se expondrá el plan de implementación de las medidas desarrolladas. El trabajo se cerrará exponiendo las conclusiones, destacando los aspectos más importantes y comentando futuras líneas de mejora.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En esta parte del trabajo se describirán los aspectos más fundamentales de la empresa, así como su entorno para entender a nivel más general cómo se va a desarrollar el proyecto.

### 2.1. Presentación de la empresa

#### 2.1.1. Historia

ToñiFruit es una empresa española productora y comercializadora de fruta ecológica. Su historia comenzó hace 4 generaciones, allá por el siglo XIX, cuando la familia Pedro Rubio Andreo y María Fulgencia Martínez Aledo empezaron a cultivar limoneros de forma artesanal.

Las generaciones han ido pasando hasta llegar a la actual. Actualmente son la cuarta generación siguiendo con la tradición y compromiso de sus antecesores, pero innovando y creando productos de máxima calidad y siendo respetuosos con el medio ambiente. (ToñiFruit, 2021)

#### 2.1.2. Misión, Visión y Valores

En ToñiFruit se han reinventado, optando por fomentar la producción de productos ecológicos manteniendo como objetivo principal la calidad y sostenibilidad en sus producciones.

Es, por tanto, que su misión es “Crear productos y servicios únicos para mejorar el Mundo cuidando toda la cadena de valor siendo actor principal en el sector de alimentos bio”. (ToñiFruit, 2021)

Con respecto a su visión, sería liderar el cambio sostenible, produciendo los mejores cítricos Bio. Quieren ser los referentes en este tipo de productos y poder dar servicio todo el año a sus clientes.

Y en cuanto a sus valores, tienen cuatro pilares básicos: atención al cliente, eficiencia, agilidad y anticipación. Todo ello girando en torno a su principal valor, la sostenibilidad y su conciencia medioambiental. (ToñiFruit, 2021)

### 2.2. Ubicación y actividad

La planta de ToñiFruit se encuentra en las afueras del pequeño municipio de Librilla, a unos 20km de la ciudad de Murcia. Está ubicada en el Parque empresarial Cabecicos Blancos. Actualmente cuenta con una planta de producción, aunque la empresa ha adquirido la nave contigua y tiene en desarrollo un proyecto de ampliación de sus instalaciones.

La empresa está ubicada junto a la autovía A7 a unos 15 minutos de la ciudad de Murcia. La zona de alrededor de donde está ubicada es una zona tradicionalmente agrícola. Sobre todo, se cultivan limones como principal producto, esto hace que el producto estrella de esta empresa sea precisamente esa fruta.

A continuación, en la Figura 2.1. se puede ver en el mapa la ubicación de la empresa y su distancia a la ciudad de Murcia. Se localiza aproximadamente en el centro de la Región.

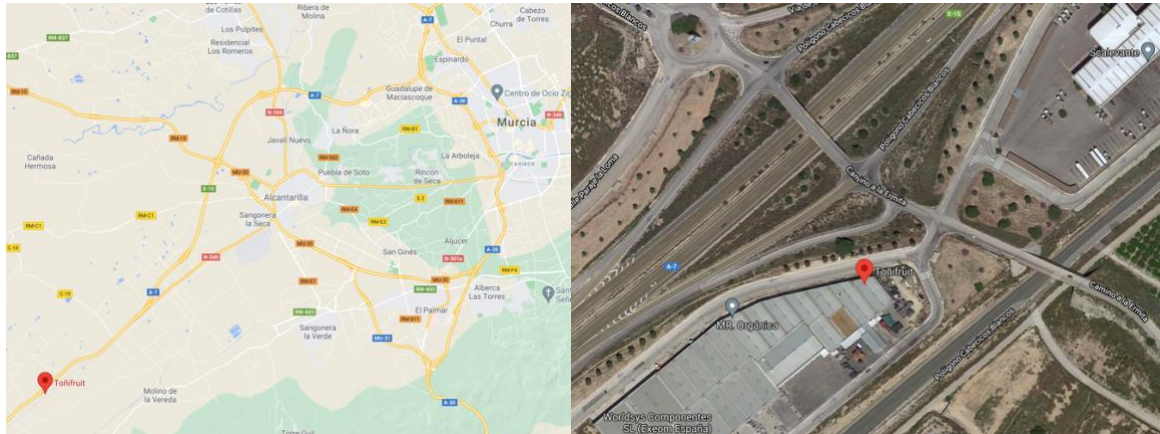


Figura 2.1. Ubicación geográfica de la planta de ToñiFruit (Maps, 2021)

### 2.3. Estructura de la organización

La estructura de la organización se compone de una dirección general que controla las diferentes secciones. El jefe de planta controla las actividades que tienen lugar en las áreas de producción. En la oficina, se controlan los departamentos (finanzas, ventas, marketing, producción, etc). Adicionalmente, se cuenta con una sección que se encarga de controlar el campo, tanto los cultivos como la recolección de la fruta. Todo esto se ve reflejado en la Figura 2.2.

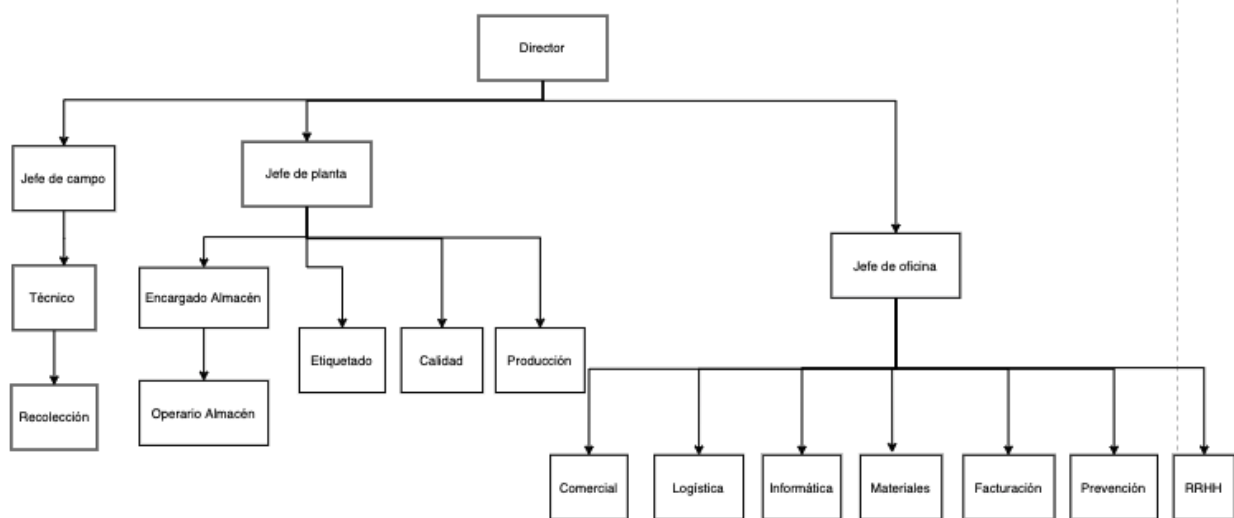


Figura 2.2. Estructura de la organización



## 2.4. Productos

### 2.4.1. Gama de productos

La producción de ToñiFruit se basa únicamente en productos 100% ecológicos bio orgánicos. El término ecológico hace referencia a alimentos que no son tratados con fertilizantes químicos ni pesticidas para su producción. En cuanto al término bio hace mención a productos que no han sido alterados genéticamente. Por lo tanto, estos alimentos cuentan con ambas características, ni son tratados con productos químicos ni son modificados genéticamente.

Cuentan con una amplia gama de productos, la gran mayoría son frutas y cítricos, pero también producen hortalizas ecológicas. Actualmente cuentan con un total de 14 variedades de productos, reflejados en la siguiente figura:



Figura 2.3. Variedades de productos ecológicos (ToñiFruit, 2021)

Cada producto tiene diferentes variedades. Además, hay productos como el limón o la naranja, que ocupan la mayor cuota de producción y otros, como los hortofrutícolas, que son los que menos volumen tienen.

Por otro lado, cada producto tiene una temporada de producción, que coincide con su periodo de recolección. También, dentro de cada variedad de producto, ese periodo de recolección puede ser diferente. Por ejemplo, para el limón, existen variedades que se producen durante el otoño y luego hay otras que su recolección y producción se dan en primavera.

### 2.4.2. Certificaciones de los productos

ToñiFruit cuenta con numerosas certificaciones que le acreditan la máxima calidad y seguridad de los productos. Destacan las siguientes:

- BRC Global Standards Food Safety: acredita del cumplimiento de las obligaciones sanitarias dando el máximo nivel de protección al consumidor.

- Global G.A.P.: con esta certificación garantizan la producción de alimentos de máxima seguridad, de garantía y de calidad y respetando las condiciones de los trabajadores.
- Certificación Ecológica: con este certificado acredita que todos sus productos son ecológicos cumpliendo la norma europea.
- IFS International Food Standard: al igual que el BRC Global Standards Food, es otro certificado referente a la seguridad de sus productos.
- Grasp: es una extensión del Global G.A.P. donde en él se ve reflejado el máximo esfuerzo de la empresa para mejorar la calidad de vida de sus empleados. (ToñiFruit, 2021)

## 2.5. Cadena de suministro, proveedores, clientes

Con respecto a los proveedores, hay que comentar que son fincas que se encuentran ubicadas en la comunidad de Murcia, la provincia de Alicante y la comunidad de Andalucía. Aproximadamente la cantidad de producto que se suministra de estas zonas se distribuye de la siguiente manera:

- Andalucía: representa el 55% de los productos.
- Murcia y Alicante: representan el 45% restante.

Adicionalmente, la empresa cuenta con numerosas fincas propias, por lo que una cierta cantidad del producto procede de sus propios cultivos.

En cuanto a los clientes, la casi totalidad de la producción (90%) va destinada a grandes cadenas de supermercados. Se trata pues de un comercio B2B. El resto se comercializa a comercios locales de menor importancia que los anteriores.

Además, gran cantidad de su producción se exporta al extranjero, la mayoría a países del norte de Europa como Alemania, Suiza o Francia. En España los principales clientes a los que vende sus productos son Aldi, Eroski y Carrefour.

## 2.6. Descripción de los procesos

### 2.6.1. Recepción de material

La recepción incluye la descarga del camión, el control de las cantidades según el pedido, el control de la calidad del producto y la actualización del registro del inventario.

En primer lugar, se debe conocer el día y la hora a la que los camiones accederán por la entrada con la mercancía y el lugar donde harán la descarga del producto. La hora de recepción de los camiones con producto de campo se ve muy ligada a la estación del año y a las condiciones climatológicas. Un día de lluvia no habrá recepciones mientras que un día de temporada alta será constante la llegada al almacén.

En la planta de ToñiFruit, solo cuentan con un muelle de recepción de material. Esta recepción de material se hace de forma física, de operario a producto. Se emplean equipos de manutención con intervención humana.

En cuanto al número de camiones que llegan al día, es una cifra variante dependiendo de la época del año. También se debe tener en cuenta la procedencia del camión. La duración de transporte no será la misma para los camiones que vienen desde Andalucía como para los de Murcia. Se tienen dos tipos de camiones en función de su lugar de origen:

- Andalucía

Los camiones que vienen desde esta región son de tipo tráiler. Su capacidad es de 12960kg, equivalentes a 18 palés de campo. Su tiempo de descarga es de unos 15 minutos y el desplazamiento tarda unas 8 horas, por lo que la orden se lanza con unas 48 horas de antelación.

- Murcia y Alicante

Los camiones son de menor capacidad, transportando 12 palés (equivalentes a 8640 Kg). Se tardan en descargar 10 minutos y su tiempo de desplazamiento es inferior a las 3 horas. La orden de pedido del camión se lanza con 10 horas de antelación.

#### 2.6.2. Almacenaje

El proceso de almacenaje consiste en la colocación del producto en los huecos disponibles del almacén. Esta incluye el traslado interno, la localización de la ubicación, la verificación y el posicionamiento del producto. El almacenaje se produce tras la llegada del producto y tras su tratamiento antes de ser enviado al consumidor. Adicionalmente se emplea un almacenaje de producto auxiliar. Este producto no son más que las unidades de carga del producto acabado.

Por lo tanto, se contarán con tres áreas de almacenaje:

- Cámaras de producto de campo.
- Cámaras de producto final (y túnel de enfriado).
- Almacén de material auxiliar.

#### 2.6.3. Proceso productivo

El proceso productivo consiste en el tratamiento y clasificación de la fruta. Una vez que el producto llega desde el campo y se mantiene almacenado, se va llevando hacia esta zona de producción. En primer lugar, la fruta se vuelca en una línea que se encarga de eliminar partes que no se aprovechan de la propia pieza. Posteriormente entra en una nueva línea donde se lava, se seca y se empieza a clasificar. El primer filtro que pasa es el de eliminación de producto en mal estado (mermas), que se desechará y se enviará para hacer jugo. Después, la fruta que haya pasado se calibrará y se medirá su diámetro. Las medidas que estén fuera de tolerancia también se desecharán.

Una vez clasificado el producto, se mueve a la siguiente sección, que es la de envasado. Aquí se empaquetará en diferentes formas, que se explicarán más adelante. Una vez envasado, se colocará en palés como producto terminado y se llevará a la siguiente zona de almacenamiento, esta ya de producto final.

#### 2.6.4. Expedición

Es el último proceso del almacén, que consiste en la salida de las existencias de este como consecuencia de un pedido. La expedición puede verse como proceso “inverso” de la recepción. La empresa no realiza operaciones de *picking*, por lo que la expedición se agiliza considerablemente.

Igualmente, dependiendo de la época, una cierta cantidad de producto va directamente a una cámara pequeña llamada túnel de enfriado. Se emplea para enfriar la fruta y conseguir que alcance la temperatura óptima para ser transportada en el menor tiempo posible. Es muy útil cuando se está en temporada alta y se necesita aligerar la zona de almacenamiento de producto final.

El producto una vez alcanzadas las condiciones de temperatura, se carga en tráiler frigoríficos, capaces de mantener la temperatura de la fruta y evitar que se eche a perder. Cada camión tiene capacidad para llevar 33 euro palés y su tiempo de carga oscila entre los 45 y 50 minutos.

#### 2.6.5. Servicios auxiliares

Como servicios auxiliares se tienen las oficinas, donde se ubican los departamentos de finanzas, marketing, logística, producción y recursos humanos. También se cuenta con un laboratorio, donde se estudia la calidad del producto y se innova y una sala de reuniones. Además, se cuenta con los servicios básicos como los aseos y el comedor.

## 3. ANTECEDENTES TEÓRICOS

### 3.1. Introducción

En esta parte se describirán los aspectos teóricos que se han aplicado y aprendido durante la especialidad para llevar a cabo este estudio. Se explicarán los métodos y herramientas necesarios referentes a análisis, teoría de almacenes, desde su diseño hasta su organización; aspectos de la teoría financiera y de contabilidad; técnicas para la resolución de problemas o incidencias y metodologías para la selección de alternativas.

### 3.2. Metodología S.L.P.

La metodología *Systematic Layout Planning* establece una forma de resolución de problemas que, sean de la naturaleza que sean, su resolución pueda ser viable ya que todos ellos persiguen objetivos similares. Por lo tanto, la metodología SLP se puede aplicar a problemas de distribución en planta, hospitales, oficinas, etc.

El S.L.P. es una forma organizada de enfocar los problemas de implantación. El procedimiento consiste, básicamente, en fijar un cuadro operacional de fases y una serie de procedimientos que permitan identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995)

#### 3.2.1. Elementos básicos de la metodología S.L.P.

Para exponer la metodología, es necesario definir los cinco elementos que constituyen la base de la distribución en planta:

- Producto (P)

En este caso el producto es el producto de campo y la fruta ya tratada lista para ser enviada.

- Cantidad (Q)

Se entiende como cantidad cualquier material o producto que puede ser evaluado mediante una unidad de medida. En este caso se medirán los productos en kg, tanto a la hora de su tratamiento como a la hora de su venta (€/kg).

- Recorrido (R)

Es el proceso y orden de las operaciones. Las máquinas y operaciones dependerán de las operaciones elegidas.

- Servicios (S)

Son los medios auxiliares para llevar a cabo las operaciones de tratamiento y que permitan el normal funcionamiento de estas. Estos son los almacenes, muelles de recepción y expedición, vestuarios, oficinas, etc.

- Tiempo (T)

Es fundamental en el proceso. Se emplea para saber cuando se pueden fabricar y la cantidad necesaria que se va a necesitar. Influye a la hora de realizar las operaciones, de equilibrar puestos de trabajo, instalaciones, servicios anexos, etc. (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995)

### 3.2.2. Fases de la metodología

El método S.L.P está compuesto de una serie de etapas o fases para abordar estos problemas:

1. Definición del problema
2. Análisis del problema
3. Síntesis (generación de alternativas)
4. Evaluación de alternativas
5. Selección del diseño idóneo
6. Implementación y seguimiento

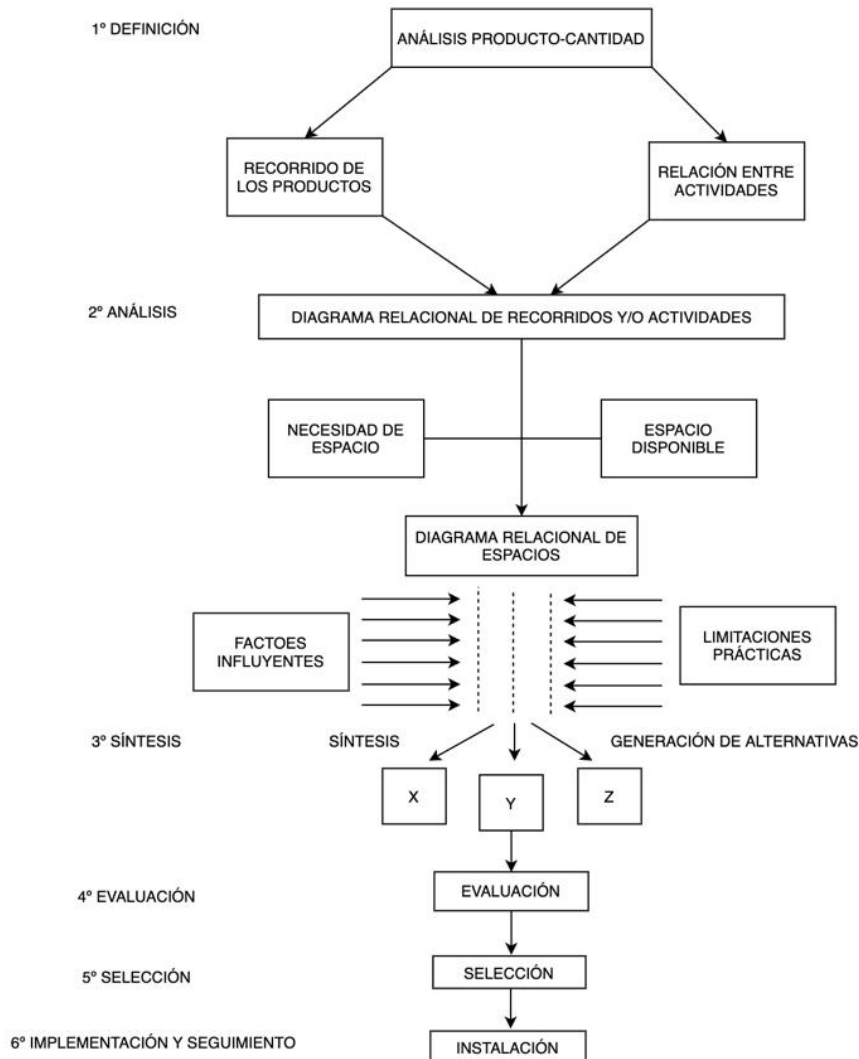


Figura 3.1. Esquema fases S.L.P. (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995)

### 1º. Fase de definición

Es la primera fase de la metodología y está formada por varias etapas. La definición comienza con el análisis del producto-cantidad. Consiste en organizar los datos de productos y cantidades y ordenarlos en función de sus cantidades. Tal como expresa Santamarina (1995), este proceso de análisis debe contener las siguientes etapas:

1. Clasificar los productos en grupos de caracteres semejantes.
2. Hallar las tendencias de las características de los productos y proyectarlas al futuro.
3. Definir un periodo de producción y trazar el gráfico P-Q.
4. Estudiar el gráfico P-Q obtenido.

El siguiente punto de la fase de definición es realizar el análisis de recorrido de los productos y/o el análisis de recorrido de las actividades.

La realización del análisis de recorrido de los productos se llevará a cabo en función del gráfico P-Q que se obtenga. Existirán tres tipos de análisis de recorridos:

- Diagrama de recorrido sencillo
- Diagrama multiproduco
- Tabla matricial

Para la representación gráfica del análisis de recorridos será necesaria la utilización de simbología específica. Los elementos que se deben utilizar son los siguientes:

*Tabla 3.1. Simbología del Diagrama de Recorrido de los productos (O.I.T.,83)*

Símbolo	Función	Descripción
○	Operación	Cambio de alguna de las características físicas o químicas del producto.
➔	Transporte	Desplazamiento de un objeto de un lugar a otro.
□	Control	Examen de verificación de calidad del producto.
D	Espera	Cuando no se requiere la inmediata ejecución de la próxima acción.
▽	Almacenaje	Cuando se guarda el producto u objeto.
□○	Varias actividades	Cuando se desea indicar actividades simultáneas o por el mismo operario i por el mismo puesto de trabajo.

Después de la realización del diagrama de recorridos, se llevará a cabo el análisis de recorrido de las actividades. Para poder realizar este análisis se necesitan conocer las relaciones que se dan entre los elementos del sistema. Según Santamarina Siurana & Hospitaler Perez (1995), dichas razones son las siguientes:

1. Los Servicios Anexos (Medios Auxiliares de Producción) deben ser integrados en la implantación de una manera racional.
2. En ciertas ocasiones, el recorrido de los productos es relativamente poco importante o incluso irrelevante, al no existir circulación apreciable de materiales.
3. Aún cuando exista una importante circulación de productos y materiales, el análisis del recorrido no refleja el conjunto de relaciones existentes entre las actividades o secciones y la relación con los sistemas de mantenimiento, los Servicios Anexos, etc.
4. En los Medios Auxiliares de Producción, no suele existir circulación de materiales, pero si de relaciones, lo que hace necesario recurrir a algún sistema que estudie esas relaciones.



En consecuencia, se necesita un procedimiento sistemático que pueda relacionar las actividades donde se involucran los servicios considerados como no directamente productivos o Medios Auxiliares de Producción (M.A.P) con aquellas actividades consideradas directamente productivas, los Medios Directos de Producción (M.D.P.). Esta forma aparece reflejada en la siguiente tabla:

*Tabla 3.2. Forma de relacionar los Medios de Producción (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995)*

Tabla Relacional	M.P.	M.A.P.
M.D.P	Ánàlisis de Recorridos	Relación entre actividades (T.R.A.)
M.A.P	Relación entre actividades (T.R.A.)	Relación entre actividades (T.R.A.)

En este caso de estudio si se va a recurrir a la utilización de la tabla relacional de actividades, puesto que los medios auxiliares de producción forman un papel importante en el desarrollo del producto.

Igual que para el análisis de recorridos de los productos había una simbología tipo que seguir, para el análisis de recorrido de las actividades ocurre de la misma forma. Además de la simbología, se requieren de una serie de características especiales para poder implementar esta herramienta correctamente:

1. La lista de actividades.
2. Un conjunto de motivos bajo los que se quiere estudiar la necesidad de proximidad entre las diferentes actividades.
3. Una escala de relación para hacer la evaluación entre las actividades. Esa escala de valores para la proximidad se ve reflejada en la siguiente tabla:

*Tabla 3.3. Escala de valores de la T.R.A (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995)*

Código	Indica Relación	Color Asociado
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia ("Unimportant")	-
X	Rechazable	Marrón

Y la representación de las relaciones entre las actividades se representa a través de un cuadro diagonal donde en la parte superior de cada rombo se coloca el valor de la Tabla 3.3 y en su parte inferior se sitúa el motivo por el que se ha considerado el valor de la relación.

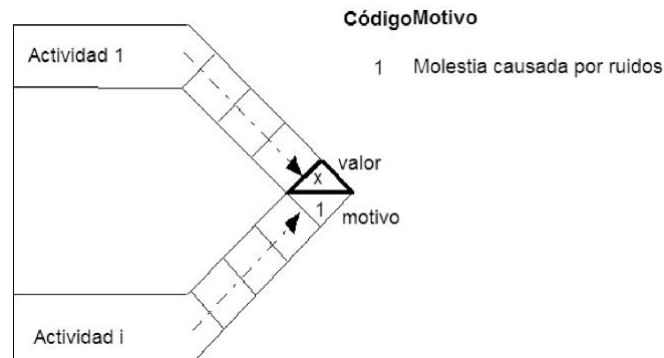


Figura 3.2. Formación de la T.R.A. (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995)

## 2º. Análisis

Es la segunda etapa de la metodología tras el análisis. Tras la continuación de la tabla relacional de actividades, se va a desarrollar otro gráfico, el llamado diagrama relacional de recorridos y actividades. Este gráfico persigue encontrar la ordenación de las actividades en la planta. Para llevarlo a cabo, las actividades se representarán con puntos y las relaciones mediante líneas.

El grafo representado se llama Diagrama Relacional de Actividades debido a que se obtiene a partir de la Tabla Relacional de Actividades. Las normas utilizadas para este tipo de grafo son las siguientes:

1. Un símbolo por tipo de actividad. Se trata de los símbolos que se definieron en el Diagrama de Recorridos añadiendo dos nuevos y con una serie de modificaciones

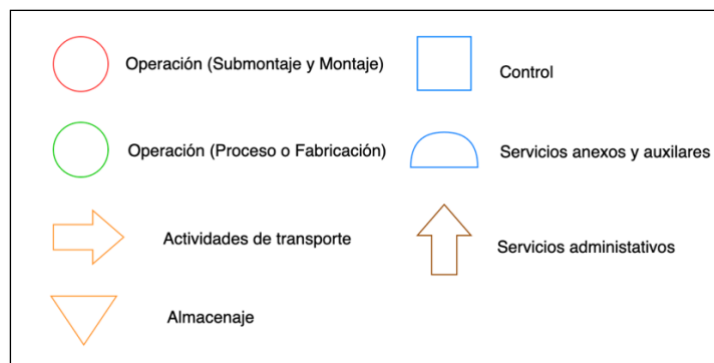


Figura 3.3. Simbología del Diagrama de Recorridos y/o Actividades (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995)

1. Una cifra convencional para cada actividad, a ser posible que coincida con las indicaciones en la Tabla de Relaciones.
2. Un número de trazos para el valor de la intensidad de recorrido o de la relación. A mayor relación, mayor número de trazos.
3. Un color convencional para el valor de la aproximación. Se puede utilizar el mismo que para la T.R.A.

Tabla 3.4. Trazos y colores del D.R.A. (Muther, 1981)

Letra	Proximidad	Color	Nº Líneas
A	Absolutamente necesaria	Rojo	4 líneas
E	Especialmente importante	Amarillo	3 líneas
I	Importante	Verde	2 línea
O	Ordinaria	Azul	1 línea
U	Sin importancia	----	----
X	No deseable	Marrón	1 línea ondulada

Con el fin de facilitar el procedimiento de realización del D.R.A, se seguirán las siguientes partes:

1. Se identifican las actividades tal y como aparecen en la T.R.A.
2. Se ordena la lista colocando las actividades por proximidades.
3. Se comienza dibujando las uniones de tipo A y se van añadiendo las siguientes por orden de importancia.
4. Si el diagrama se va sobrecargando demasiado, se puede optar por eliminar ciertas actividades que no tengan gran relación con las demás.

El siguiente paso de esta segunda etapa es obtener las necesidades de espacio de cada actividad. Este es el paso posterior a la realización de la D.R.A.

Se nos presenta un problema en este punto, y es que el diagrama de recorridos y actividades no es suficiente información como para poder establecer el diagrama de relacional de espacios. Si bien si se conocen las superficies de cada actividad, el número tan elevado de estas hace que la complejidad se vea aumentada.

Por eso, en este punto se ha decidido aplicar paralelamente la teoría de grafos a la D.R.A. Los principales motivos son los siguientes:

- La alta complejidad que lleva hacer un análisis de un gran número de actividades.
- Proporciona una primera aproximación del diseño, al ser más visual.
- Facilita la explicación más detallada de la ubicación de cada actividad y ayuda a establecer mejor los recorridos.

Por lo tanto, la D.R.A nos sirve de ayuda para tener un primer aspecto visual de las relaciones más importantes entre actividades y el Grafo Dual nos da un apoyo visual con respecto a la ubicación de cada actividad en el plano.

Según Santamarina Siurana & Hospitaler Perez (1995), tiene esta denominación por (Kearney, 2004):

- Planar: tiene una representación bidimensional donde sus aristas solo se interceptan en los vértices.
- Ponderado: cuando sus aristas tienen asociados unos pesos donde se pueden utilizar de parámetros.
- Planar Maximal: el máximo número de aristas sin perder la planaridad

- Planar Ponderado Maximal: que tiene el máximo número de aristas sin perder la planaridad y su suma de pesos es máxima.
- El número máximo de relaciones existentes en un problema de distribución donde existen  $n$  actividades se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ máx. relaciones} = 1/2 \cdot n \cdot (n - 1)$$

El procedimiento que hay que seguir para aplicar la teoría de grafos es sencillo pero arduo y consta de 3 etapas:

1. Construir el Grafo Planar Ponderado Maximal a partir de la T.R.A obtenida.
2. A partir del G.P.P.M. se dibuja el Grafo Dual. Se coloca un punto en el interior de cada triángulo y se dibuja uno en el exterior, con el fin de cerrar el espacio de las actividades colindantes. Se une cada punto con el del triángulo del lado mediante una línea discontinua.
3. Transformar el Grafo Dual en una distribución en planta de bloques. Este paso es el que vendrá a continuación y coincide con el diagrama relacional de espacios.

La última parte de esta segunda fase es la obtención del diagrama relacional de espacios. Previamente a su realización se deben exponer las necesidades de espacio de cada actividad, para poder representar a escala su superficie.

para hacer el diseño de cada espacio, cada actividad será representada mediante un bloque. Ese bloque contendrá la siguiente información:

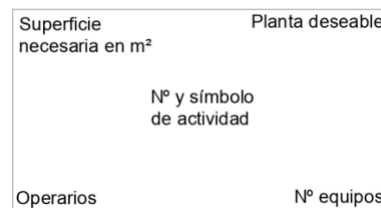


Figura 3.4. Simbología del Diagrama Relacional de Espacios (Santamarina Siurana & Hospitaler Perez, 1995)

### 3º. Síntesis

En esta fase se diseñarán y propondrán hasta 4 tipos de configuraciones de la planta. Primero se establecerán las dimensiones de la nave y se irán colocando en su interior las actividades, siempre teniendo de base el esquema obtenido del Grafo Dual. Cada alternativa se desarrollará en detalle y se expondrán sus ventajas e inconvenientes.

### 4º. Evaluación

Este punto es la aplicación de la metodología AHP, que se explicará a continuación. A partir de las alternativas se elegirán unos criterios de evaluación que se ponderarán según su importancia.

### 5º. Selección

A cada alternativa se le dará un valor en base a ese criterio. La alternativa que tenga un valor global mayor será la elegida. Esta etapa también forma parte de la metodología AHP.

## 6º. Implementación

Consiste en el desarrollo de los elementos que formarán cada sección de la alternativa ganadora. Se representará en mayor detalle como quedará estructurada cada actividad y los componentes que hacen parte de ella.

### 3.3. Metodología iterativa de diseño de un almacén

El proceso de diseño de almacenes es un proceso iterativo, donde se debe actuar según unos valores referentes a aprovisionamiento, sistemas de información, financieros, etc., con el fin de identificar las alternativas a considerar en el análisis.

Este proceso de diseño surge de una necesidad de reducción de los costes logísticos ligados al almacenamiento en la cadena de suministro. Según un estudio de (Kearney, 2004), este proceso supone cerca del 20% de los costes logísticos.

Existen numerosos factores que son desencadenantes a la hora de modificar las actividades relacionadas con el almacén, originando su necesidad de modificación. Entre esos factores destacan:

1. Reducción en los niveles de stock, realizando pedidos de aprovisionamiento en pequeñas cantidades. Como consecuencia se tienen más recepciones y el almacén se queda más ajustado.
2. La unidad de carga ha pasado de ser única (por ejemplo, el palé) a ser múltiple (variación de distintas). Como consecuencia se tiene un aumento de las operaciones de desconsolidación (Errasti, 2011) por parte del *picking*.
3. Los plazos de servicio se han reducido, lo que implica ciclos más cortos y la necesidad de realizar operaciones como *picking* o *batches*.
4. El número de referencias ha aumentado, siendo los pedidos más heterogéneos. Esto implica que el almacén debe ser operativo y atender rápidamente a las necesidades de servicio. (Errasti, 2011)

En primer lugar, a la hora de comenzar el diseño habría que definir cuales son las variables para parametrizar. Se necesitan definir los requisitos y los datos (demanda, aprovisionamiento, perfil del stock, etc.). A partir de esos datos, se define el diseño físico y operativo del sistema. Habrá que apoyarse en una serie de especificaciones como son la distribución en planta, las técnicas de almacenamiento o los equipos de manutención.

Una vez definido el sistema, se realiza un balance económico del mismo. A partir de aquí se evalúa si puede ser la solución definitiva o si hay que modificar alguna decisión tomada durante el diseño. De esta manera se irán planteando diferentes alternativas. Fruto de las iteraciones planteadas hasta llegar a una solución que mejore su eficiencia.

El esquema de la Figura 3.2. refleja lo descrito anteriormente:

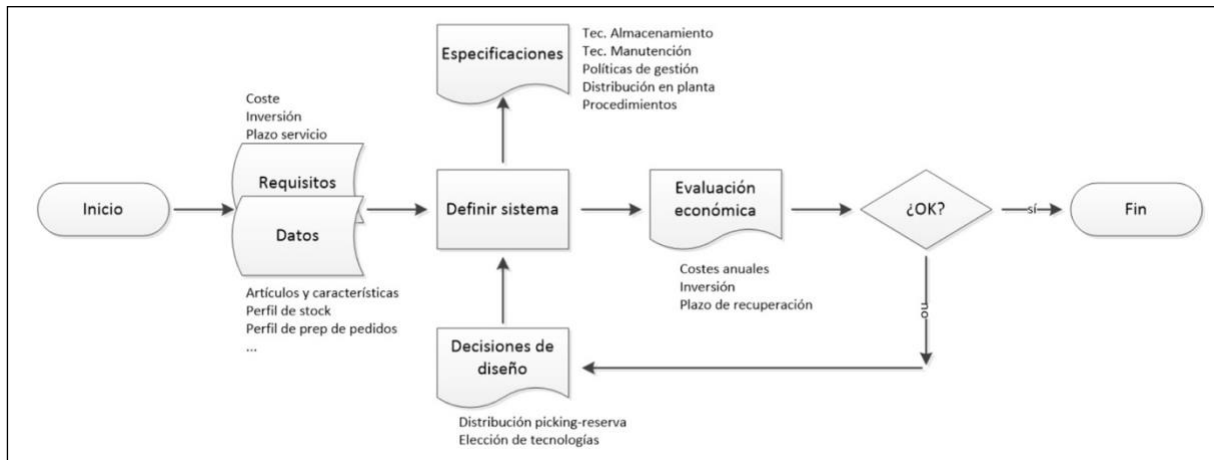


Figura 3.5. Esquema de la metodología iterativa de diseño (Cardos Carboneras, 2021) (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020)

### 3.4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

El Analytic Hierarchy Process (AHP) fue un método propuesto por el Profesor Thomas Saaty, de la Universidad de Pittsburgh, a finales de los años 70. Se basa en la idea de que la complejidad inherente a un problema de toma de decisiones con criterios múltiples se puede resolver mediante la jerarquización de los problemas planteados. Es una teoría de la medida relativa de criterios intangibles. A partir de la aplicación de esta metodología se desarrollarán las etapas de evaluación y selección de la metodología S.L.P.

En cada nivel de jerarquía se realizan comparaciones pareadas entre los elementos del mismo nivel, en base a su importancia y la contribución de cada uno de ellos. Esto conduce a una escala de medida relativa de prioridades o pesos de los elementos.

Las comparaciones pareadas se realizan por medio de ratios de preferencia (cuando se comparan alternativas) y ratios de importancia (si se comparan criterios), que se evalúan según una escala numérica propuesta por el método.

AHP permite medir juicios o preferencias del Decisor que son siempre subjetivos, independientemente de que un criterio se pueda medir con una escala física. Por ejemplo, si un objeto pesa 50 kg, no podemos afirmar si es muy ligero o pesado sin saber el contexto de su medida y sin ver con qué otros objetos lo estamos comparando. Es por ello por lo que, lo esencial en los procesos de toma de decisiones los valores sean subjetivos, a juicio de la interpretación que el Decisor hace de las lecturas obtenidas de la medición. Estas lecturas sí pueden ser objetivas, pero no su interpretación.

El AHP cuenta con varios axiomas básicos:

- Comparación recíproca: el decisor debe ser capaz de realizar comparaciones y establecer la fuerza de sus preferencias. La intensidad de estas preferencias debe satisfacer la condición recíproca: Si A es  $x$  veces más preferido que B, entonces B es  $1/x$  veces más preferido que A.
- Homogeneidad: los elementos de una jerarquía deben ser comparables. Las preferencias se representan mediante una escala de comparabilidad limitada.
- Independencia: cuando se expresan las preferencias, se asume que los criterios son independientes de las propiedades de las alternativas.
- Expectativas: para el propósito de la toma de decisión, se asume que la jerarquía es completa. Todos los elementos (criterios y alternativas) del problema son tenidos en cuenta por el decisor. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020)

### 3.4.1. Pasos del método

#### 1. Jerarquización del problema

El problema se estructura en 3 niveles:

- 1º. Objetivo del problema
- 2º. Criterios. Se construyen siguiendo una estructura jerárquica descendente desde uno o varios objetivos.
- 3º. Alternativas consideradas en el problema de decisión.

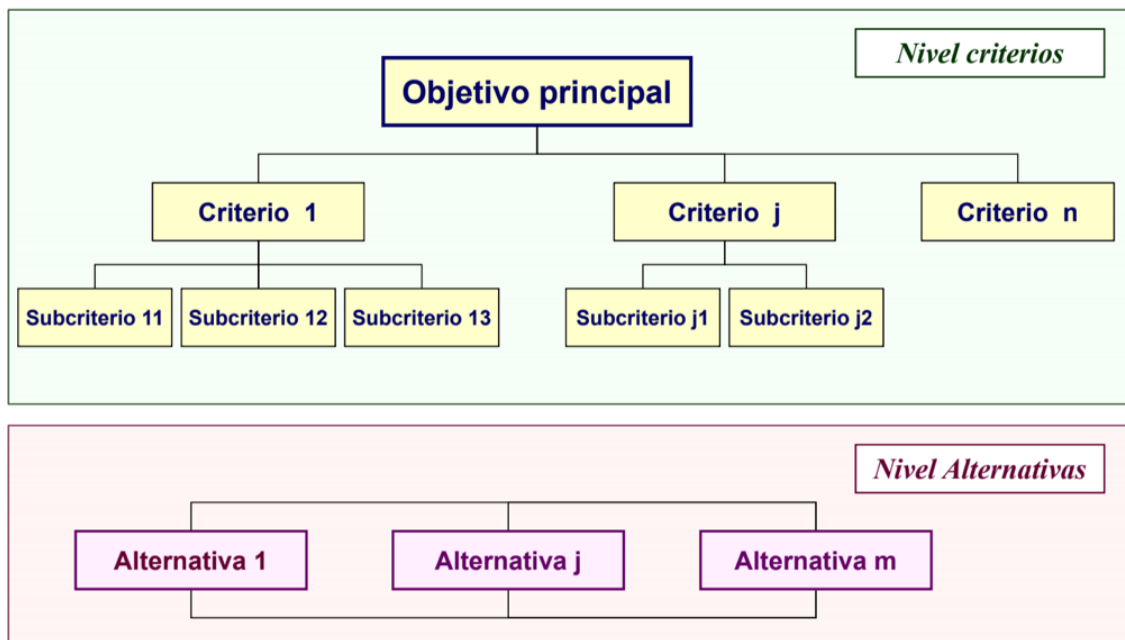


Figura 3.6. Jerarquía del problema (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020)

#### 2. Cálculo de prioridades

Se compara cada criterio o alternativa  $i$  con cada criterio o alternativa  $j$ . Se asigna:

Tabla 3.5. Escala de valores según importancia relativa de criterios (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020)

1	Igual importancia
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios

- Si el criterio (o la alternativa)  $i$  domina a  $j$ , entonces

$$a_{ij} = x \text{ y } a_{ji} = 1/x \text{ o viceversa}$$

- Solo es necesario realizar  $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$  comparaciones.
- $n$  = número de criterios o de alternativas

Esta comparación de criterios o alternativas se representan en una tabla modelo como la mostrada en la Tabla 3.2.

Tabla 3.6. Matriz de prioridades 3x3. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020)

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	1	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>
A <sub>2</sub>	1/a <sub>12</sub>	1	a <sub>23</sub>
A <sub>3</sub>	1/a <sub>13</sub>	1/a <sub>23</sub>	1

Las relaciones entre los diferentes coeficientes tienen que respetar las siguientes relaciones:

- Homogeneidad:  $r_{ii} = 1$
- Reciprocidad:  $r_{ij} \cdot r_{ji} = 1$
- Transitividad:  $r_{ij} \cdot r_{jk} = r_{ik}$

A continuación, se determina el vector de prioridades. Mediante la comparación pareada se genera una matriz recíproca:

$$a_{ij} = 1/a_{ji}$$

Si el decisor es consistente ( $a_{ij} = a_i/a_j$ )

$$\begin{bmatrix} a_1/a_1 & a_1/a_2 & \dots & a_1/a_n \\ a_2/a_1 & a_2/a_2 & \dots & a_2/a_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_n/a_1 & a_n/a_2 & \dots & a_n/a_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = n \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} \quad a_{ij} \rightarrow a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik} \quad \forall i, j, k$$



En general, el problema de encontrar  $a_i$  (conocido  $a_{ij}$ ) es irresoluble. Lo que se hace es considerar que  $a_i$  es el valor medio de  $a_{ij} \cdot a_1, a_{ij} \cdot a_2, \dots, a_{ij} \cdot a_n$ . Es decir, se considera  $a_{ij}$  como una aproximación a la solución.

Se obtienen después los autovalores o valores propios y, de esta manera, se determina el  $\lambda_{m\acute{a}x}$  (autovalor máximo). Para su cálculo se hace uso de la media aritmética.

En este punto existen dos formas de cálculo de prioridades. La primera es el método aproximado de la media geométrica, donde se siguen estos pasos:

1. Multiplicar los  $n$  elementos de cada fila de la matriz  $A$ .
2. Obtener la raíz  $n$ -ésima de cada producto.
3. Normalizar el vector obtenido.

El otro método, el cual se va a emplear en este proyecto, es el método exacto. En él, se siguen los siguientes pasos:

1. Se eleva la matriz al cuadrado, se suman los valores en cada fila y se normalizan.
2. Se resta este vector del obtenido por el mismo procedimiento en la matriz original.
3. Si la diferencia es un valor alto, se calcula la tercera potencia de la matriz y así sucesivamente hasta que las diferencias de los vectores obtenidos sean despreciables.

Una vez seguidos estos pasos, se calcula el ratio de consistencia:

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

Después se selecciona de la Tabla 3.3 el índice de consistencia aleatorio en función de la dimensión de la matriz:

Tabla 3.7. Valores del índice de consistencia aleatorio en función de la matriz. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020)

<b>n</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>RI</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,525</b>	<b>0,882</b>	<b>1,115</b>	<b>1,252</b>	<b>1,341</b>	<b>1,404</b>	<b>1,452</b>	<b>1,484</b>

Por último, se obtiene de los dos valores anteriores el ratio de consistencia como:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Y se acepta si:

$$CR \leq 0,05 \text{ con } n = 3$$

$$CR \leq 0,08 \text{ con } n = 4$$

$$CR \leq 0,10 \text{ con } n \geq 5$$

### Construcción de la matriz de decisión

En muchos casos, los criterios para evaluar las alternativas son “cuantitativos”, es decir, existe una escala natural de medida para evaluar las alternativas.

En primer lugar, se lleva a cabo una ponderación de criterios, que se produce de forma subjetiva por el decisor para después, hacer una valoración de las alternativas. Existen dos tipos de alternativas, la que indica que más es mejor y la de que menos es mejor.

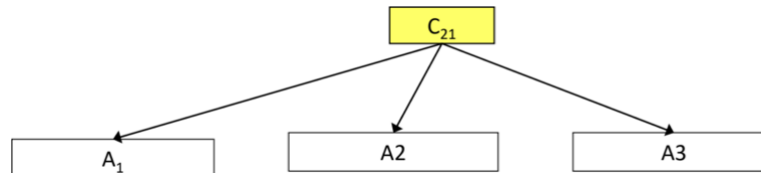


Figura 3.7. Establecimiento de prioridades entre las alternativas para cada criterio. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020)

### Cálculo de las prioridades globales

Para el cálculo de las prioridades globales asociadas a cada alternativa se emplea la suma ponderada de las prioridades obtenidas en cada nivel:

$$p_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot p_j$$

## 3.5. Diseño de Almacén

### 3.5.1. Análisis de actividad de los productos

Para identificar la actividad de estos productos, normalmente se utiliza el conocido análisis A, B, C, en el cual se pondera el volumen de actividad en función de la demanda anual en unidades, multiplicado por la frecuencia de *picking*.

La clasificación ABC se basa en la regla de Pareto, según la cual un 80% de los resultados es provocada por el 20% de los esfuerzos. También se la conoce como la regla del 80-20. Para efectuar este análisis correctamente se deben seguir una serie de pasos:

- 1º. Calcular la actividad de cada uno de los artículos multiplicando el volumen anual de salidas (demanda anual) por la cantidad de veces que se pide al producto al cabo del año (frecuencia de *picking*).
- 2º. Ordenar los productos de mayor a menor actividad (volumen promedio).
- 3º. Calcular el porcentaje que representa cada artículo sobre el total (% ponderado).
- 4º. Acumular los porcentajes hasta el 100%.

Siguiendo este análisis, los productos se pueden clasificar en función de tres grupos, reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 3.8. Clasificación de los artículos según su rotación. (Cardos Carboneras+, et al., 2003)

Artículos A	Artículos B	Artículos C
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de actividad alto.</li> <li>- 20% de los productos.</li> <li>- 80% de los movimientos.</li> <li>- Recuento de ciclo frecuente.</li> <li>- Stock de seguridad elevado.</li> <li>- Seguimiento estricto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de actividad media.</li> <li>- 20% de los productos.</li> <li>- 15% de los movimientos.</li> <li>- Volumen de la mayoría de las actividades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de actividad bajo.</li> <li>- 60% de los productos.</li> <li>- 5% de los movimientos.</li> <li>- Recuento cíclico poco frecuente.</li> <li>- Stock de seguridad reducido.</li> <li>- Registros sencillos o inexistentes.</li> </ul>

La idea es que los artículos de mayor popularidad, que son los que representan la menor cantidad de artículos almacenados, se sitúen físicamente en aquellas zonas o lugares donde sea más asequible su localización a efectos de *picking*, estando a su vez más cerca de las áreas de expedición, mientras que los productos menos populares, se colocarían en las zonas más distantes o de difícil acceso.

## 4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. Introducción

El diseño de la nueva planta se va a efectuar en base a referencias de la planta actual, sirviendo de ampliación de la empresa. Para este modelado, se contará con la superficie de la parcela y su localización.

En este punto se describirán los procesos que se llevan a cabo en la empresa para ver qué necesidades se tienen y poder dimensionar correctamente la planta. Se expondrán todo tipo de detalles referentes a la tipología de los productos, los medios de manutención, la maquinaria, etc. con el fin de poder determinar cualquier tipo de incidencias que sirvan de ayuda y permitan realizar un correcto diseño.

Se hará hincapié a todo el tratamiento y gestión del producto en los almacenes, desde su llegada hasta su salida, puesto que será fundamental para conseguir una estructuración eficiente en la nueva planta.

### 4.2. Información de la nueva planta

#### 4.2.1. Ubicación de la nueva planta

La ubicación de la nueva planta será en una finca que es propiedad de la propia empresa. Está situada junto a la autovía A7, en el polígono 5, parcela 199 (La Egesa, Librilla). Actualmente la parcela no cuenta con ningún tipo de edificación. A continuación, se muestra la vista satélite de la parcela en cuestión:



*Figura 4.1. Ubicación y superficie de la parcela. (Google Maps, 2021)*

La figura 4.2. muestra la distancia y ubicación de la nave actual con respecto a la nueva parcela.



Figura 4.2. Vista satélite de la parcela y de la nave. (Google Maps, 2021)

#### 4.2.2. Dimensiones de la planta

La parcela cuenta con una superficie de 81.886 m<sup>2</sup>. La nave estará ubicada en la parte central de la parcela con orientación noroeste. A continuación, se muestra la representación del área de la parcela.

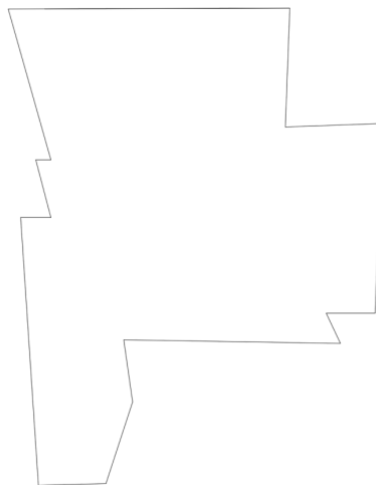


Figura 4.3. Representación del área de la parcela. (Elaboración propia)

### 4.3. Demanda y tipos de productos

#### 4.3.1. Productos

Aunque Toñifruit cuenta con 14 variedades de productos, son 6 los que ocupan casi el 100% de la producción total. De esos 6 (limón, naranja, mandarina, pomelo, lima y granada) el limón y la naranja representan más del 80% de la producción total.

Otro aspecto importante es la variedad de cada producto. Cada fruta cuenta con numerosas variedades (a excepción de la lima) que hacen que su periodo de recolección varíe a lo largo del año. En la Tabla 4.1. se pueden ver reflejadas las diferentes variedades para cada una de las 6 frutas principales que trabajan.

*Tabla 4.1. Variedades de productos y época de recolección (ToñiFruit, 2021)*

ESPECIE	VARIEDAD / MES 📅	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
LIMÓN	Limón Fino 49 y 95 Eco/Bio/Organic												
	Limón Fino Eco/Bio/Organic												
	Limón Verna Eco/Bio/Organic												
LIMA	Lima Bears Eco/Bio/Organic												
NARANJA	Naranja Navelina Eco/Bio/Organic												
	Naranja Lanelate Eco/Bio/Organic												
	Naranja Valencia Late Eco/Bio/Organic												
	Naranja Summer N. Powell Eco/Bio/Organic												
	Naranja N. Summer Chislett Eco/Bio/Organic												
	Naranja Sanguina Eco/Bio/Organic												
MANDARINA	Mandarina Satsuma Iwasaki Eco/Bio/Organic												
	Mandarina Oronules Eco/Bio/Organic												
	Mandarina Clemenu Ruby Eco/Bio/Organic												
	Mandarina Clemenules Eco/Bio/Organic												
	Mandarina Clemenuvilla Eco/Bio/Organic												
	Mandarina Nadorcott Eco/Bio/Organic												
	Mandarina Tango Eco/Bio/Organic												
	Mandarina Murcott Eco/Bio/Organic												
POMELO	Pomelo Redblush Eco/Bio/Organic												
	Pomelo Star Ruby Eco/Bio/Organic												
GRANADA	Granada Valenciana Eco/Bio/Organic												
	Granada Mollar Eco/Bio/Organic												
	Granada Smith Eco/Bio/Organic												
	Granada Rubí Eco/Bio/Organic												
	Granada Wonderfull Eco/Bio/Organic												
	Granada Acco Eco/Bio/Organic												

Observando la tabla se puede apreciar que, por ejemplo, el limón cuenta con 3 variedades. La primera tiene su temporada entre septiembre y enero. La segunda es más amplia, entre agosto y marzo del siguiente año. La última, entre abril y agosto. Esto hace que se esté produciendo todo el año limón, aunque dependiendo de la época habrá una variedad u otra.

Sin embargo, para la mandarina o para la granada, aunque cuentan con más variedades que el limón, su periodo de recolección abarca menos cantidad de meses y es muy similar para todas las variedades. Por tanto, habrá meses del año donde no se estén produciendo granadas o mandarinas, al contrario que con el limón.

#### 4.3.2. Variación de la demanda

Como se ha comentado en el apartado 4.3.1, no se tiene una demanda uniforme ni en productos ni en época. A continuación, se muestran los datos de producción de cada producto y la producción mensual de cada uno.

Tabla 4.2. Datos de producción por familia de producto. (Elaboración propia)

Productos	Cantidad (kg)	Porcentaje (%)	Acumulativo (%)
Limón	12 000 000	50,00%	50,00%
Naranja	8 000 000	33,33%	83,33%
Mandarina	3 600 000	15,00%	98,33%
Pomelo	240 000	1,00%	99,33%
Granada	80 000	0,33%	99,67%
Lima	40 000	0,17%	99,83%
Otros	40 000	0,17%	100,00%
	24 000 000	100%	

Tabla 4.3. Producción mensual de cada producto. (Elaboración propia)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Limón	12%	11%	11%	11%	9%	3%	3%	3%	6%	8%	11%	12%	100%
Naranja	13%	13%	12%	12%	10%	6%	0%	0%	0%	8%	13%	13%	100%
Lima	12%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	35%	35%	100%
Pomelo	10%	10%	8%	8%	4%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	100%
Mandarina	20%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	30%	30%	100%
Granada	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	20%	30%	30%	100%

#### 4.4. Unidad de carga

La unidad básica de llegada y de salida del producto es el palé. Hay que diferenciar entre los palés que vienen de campo y los que salen ya con el producto terminado.

##### **Producto de Campo**

La unidad de carga es el palé de campo, cuyas medidas son 1000 x 1050 mm. Cada palé contiene 36 cajas de 20kg. Por tanto, para dimensionar las cámaras de campo habrá que tener en cuenta estas medidas del palé de campo.



*Figura 4.4. Palé de campo (ToñiFruit, 2021) (Rotomshop, 2021)*

##### **Producto Final**

Para el almacenamiento y distribución del producto terminado se empleará el europalé (1200 x 800 mm). Para la salida el número y peso de las cajas varía. Un palé puede contener entre 48 y 160 cajas de producto, y su peso puede variar entre los 750-800 kg para los productos más ligeros y los 900-950 kg para los productos más pesados.



*Figura 4.5. Caja plegable (Rotomshop, 2021)*



#### 4.5. Equipos de manutención

Estos equipos de manutención son los denominados equipos de transporte interno. La empresa emplea equipos de tipo manual para todos sus procesos. Los grupos utilizados son los siguientes:

- Transpaletas manuales: son las encargadas del movimiento físico de los palés. Este tipo de elementos van dirigidas a pie con un mando timón.
- Transpaletas autopropulsadas: también denominadas carretillas eléctricas. Son medios de manutención en donde el operario va montado y realiza las funciones a través de botones y de un volante. Las emplean para apilar los palés en bloques en el almacén.
- Cintas de rodillos: cintas motorizadas cuya función es desplazar a lo largo de la zona de tratamiento el producto hasta su envasado.



*Figura 4.6. Sistemas de manutención (ToñiFruit, 2021)*

#### 4.6. Sistemas de almacenaje

El sistema de almacenamiento que emplean es el denominado almacenamiento en bloque. También se llama almacén compacto. Es el sistema más sencillo, por su nulo coste de infraestructuras. Consiste en apilar los palés uno encima de otro formando bloques compactos. Su manipulación será mediante las carretillas eléctricas convencionales antes mencionadas.

Aunque su principal ventaja es el mínimo coste, cuenta con varios inconvenientes como la dificultad de rotación de sus productos, su problemático seguimiento y control físico o un almacenaje poco eficiente si no se apila a una altura considerable.

Para este tipo de empresas es la mejor alternativa, puesto que el producto va a estar poco tiempo en el almacén (períodos máximos de 3 días, aunque la mayoría sale el mismo día que entra).



*Figura 4.7. Apilado en bloque dentro de la cámara frigorífica (ToñiFruit, 2021)*

## 5. DISEÑO DE LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA PLANTA

En el presente apartado se va a calcular mediante los requerimientos las diferentes partes que componen la planta. Este diseño se centrará más en la parte del almacén, puesto que es la parte más importante del proceso productivo.

### 5.1. Análisis de datos de actividad en el almacén

Los almacenes van a ser la parte fundamental del diseño y donde se va a centrar la casi totalidad del trabajo. El producto pasará la inmensa mayoría del tiempo en los almacenes, desde que llega, hasta que se carga en el camión para ir destino al consumidor. Es importante, por tanto, definir correctamente todas las características para su correcto dimensionamiento.

#### 5.1.1. Previsión de demanda

En la siguiente figura se representan las previsiones de demanda desde la actual hasta el año 10 de funcionamiento.

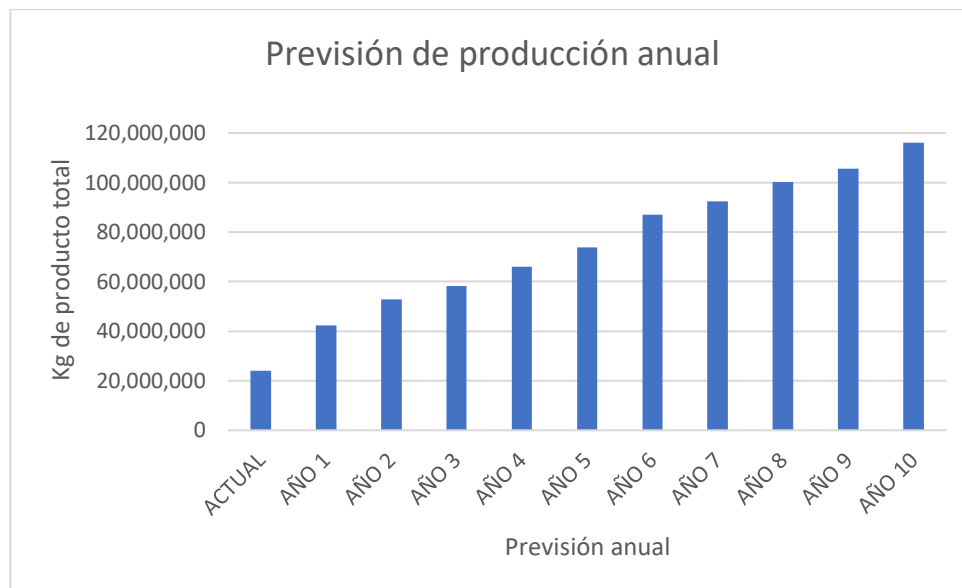


Figura 5.1. Previsión de la producción para cada año. (Elaboración propia)

Para el cálculo de los m<sup>2</sup> de almacén será necesario coger la previsión para el año 10, por ser la más alta.

### 5.1.2. Análisis de los productos

Con los datos de la Tabla 4.2. y a partir del precio de venta de cada producto podemos obtener la clasificación ABC de las ventas, para determinar qué productos son los que necesitan un mayor control.

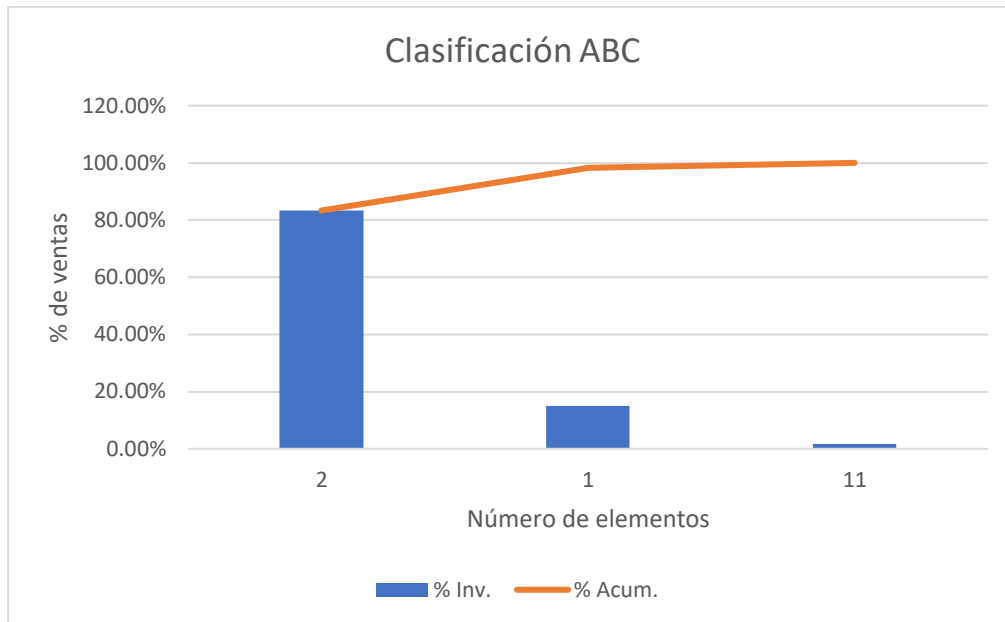


Figura 5.2. Clasificación ABC de los productos. (Elaboración propia)

Como se observa, se tiene lo siguiente:

- El 83% de las ventas corresponde al limón y a la naranja. Será el tipo A.
- El 15% corresponde a un producto, la mandarina. Este producto compone el tipo B
- El 1,7% restante corresponde al resto de productos, de los que casi la totalidad de ese porcentaje son la lima, el pomelo y la granada. Este grupo será el tipo C.

En este caso, son el 15% de los productos (2 de 14) los que ocupan la mayoría de la inversión, mientras que el tipo B sería solamente un producto (7%). Por otro lado, el resto de los productos, que representan más del 75%, únicamente suponen el 2% de las ventas totales.

### 5.1.3. Perfil de inventario

Las líneas de pedido se realizan siempre en palés. Todos los palés vienen directamente del campo, tanto de los proveedores que tiene la empresa como de las plantaciones propias. Estos pedidos vienen diariamente en función de la demanda que haya de cada producto (Tabla 4.3).

La siguiente figura muestra la evolución de la demanda de cada producto en función del mes del año:

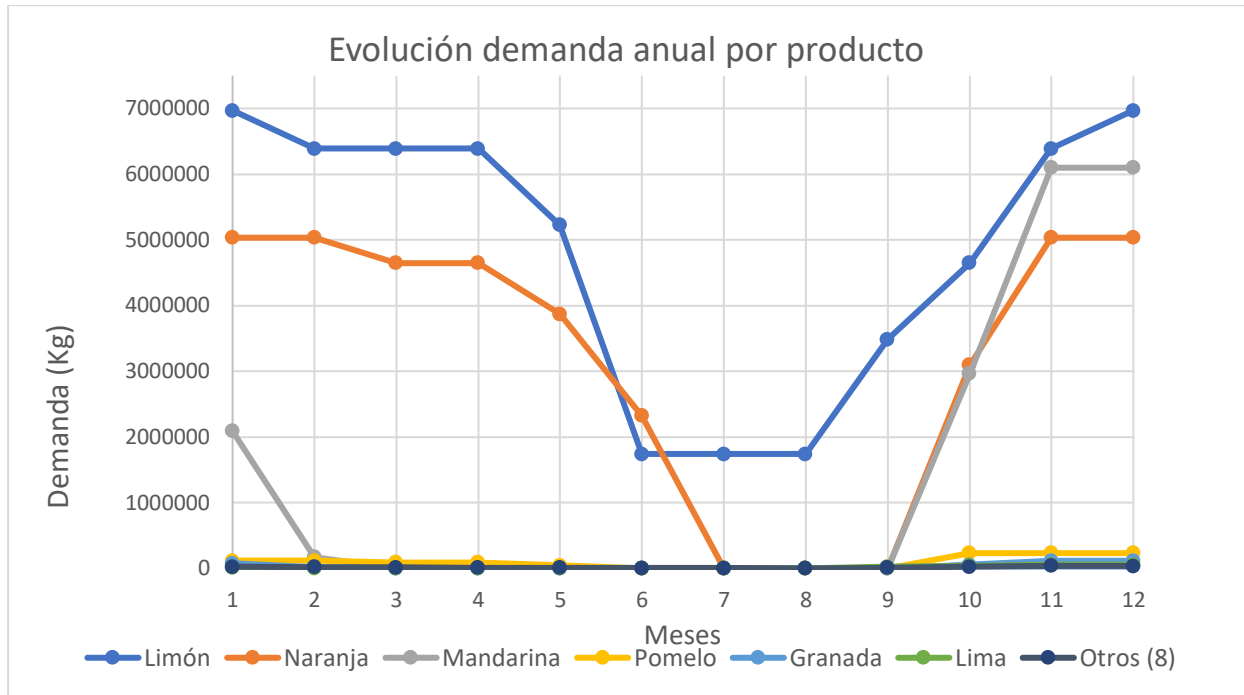


Figura 5.3. Evolución de la demanda anual de cada producto. (Elaboración propia)

Y la superposición de la demanda de cada producto es reflejada en la Figura 5.4:



Figura 5.4. Evolución mensual de la demanda (Elaboración propia)

De este gráfico se obtiene un resultado clave para el dimensionamiento, el mes con mayor demanda es el de diciembre.

Se trata de un producto que en su mayoría (85%) va a estar únicamente unas horas almacenado, y muy poca cantidad (el 15% restante) llegará a estar más de un día, y como máximo serán 3. Por tanto, el almacén va a estar en constante movimiento y fluctuará rápidamente a lo largo del día.

La época de mayor producción será diciembre, con más de 18,5 millones de kg de producto agrícola. La empresa trabaja 5 días a la semana, por lo que la producción diaria en ese mes será de poco más de 1 millón de kg. Como el 85% de ese producto ese mismo día abandonará el almacén, se calculará el stock operativo final en función de este dato, y teniendo en cuenta el tiempo de aprovisionamiento y llegada del producto desde el campo.

Es importante en este punto separar el almacenamiento en cámaras frigoríficas que albergarán producto de campo y las cámaras frigoríficas diseñadas para el producto final, pendiente de expedición. Son dos tipos de almacenamientos distintos debido a que el producto que viene de campo no va a estar el mismo tiempo en el almacén y, además, requiere unas condiciones diferentes al producto final.

## 5.2. Diseño del almacén de producto de campo

En este punto se va a calcular el volumen en metros cúbicos necesarios de cámaras frigoríficas necesarias para albergar el producto de campo. Previo a este cálculo será necesario conocer las cantidades en las que llega el producto y el tiempo que se tarda en descargar cada camión.

Como se observa en la Figura 5.4, el mes de mayor volumen es diciembre. Se aprecia que la temporada alta suele ser a finales de año y comienzos del siguiente. Por el contrario, la temporada de baja producción coincide con los meses de verano, donde es 10 veces menor que en estos meses de mayor demanda.

Aunque en la mayoría de los meses la planta no esté a máxima capacidad, es importante dimensionar correctamente el espacio en los almacenes para los meses de mayor demanda, porque es ahí donde realmente se va a generar mayor ingreso. Un incorrecto dimensionamiento puede provocar que en la temporada alta el almacén se sature y provoque pérdidas de material que no pueda ser tratado.

### 5.2.1. Cálculo de número de huecos necesarios

Para calcular el espacio requerido en la cámara se necesitan conocer qué cantidad de camiones llegarán a la fábrica, para así determinar el número de palés que entran.

Ya se comentó que se va a operar con dos camiones. El camión de menor capacidad es el que recoge el producto de campo de la zona de Murcia y Alicante mientras que el segundo tipo de camión recoge la fruta de Andalucía, por eso su mayor capacidad. En la siguiente tabla se exponen más detalladamente las características de cada uno:

*Tabla 5.1. Características operativas de los camiones de campo. (Elaboración propia)*

	Camión Tipo 1	Camión Tipo 2
Capacidad (KG)	12 960	8 640
Porcentaje de producto	55%	45%
Nº de palés por camión	12	18
Zona de recogida	Andalucía	Murcia y Alicante
Tiempo de orden (h)	48	10
Tiempo de descarga (min)	15	10

Sabiendo qué cantidad de producto viene de cada zona, la demanda diaria del mismo y el tiempo de la operación de descarga se puede determinar el volumen de cámara de campo que será necesario.

En la Tablas 5.2. y 5.3. se muestran los datos referentes a la demanda.

*Tabla 5.2. Demanda media diaria. (Elaboración propia)*

Demanda media diaria (Kg)	445.057,5
---------------------------	-----------

*Tabla 5.3. Datos de demanda diaria para cada mes. (Elaboración propia)*

Mes	Demanda (Kg)
Enero	622.887
Febrero	587.576
Marzo	506.528
Abril	530.464
Mayo	398.058
Junio	193.784
Julio	79.376
Agosto	75.757
Septiembre	175.886
Octubre	480.801
Noviembre	816.640
Diciembre	883.000

Por lo que se observa, en diciembre habrá dos veces más producción que de media a lo largo del año. Este dato es importante a la hora de determinar para qué cantidad de palés dimensionamos la zona de recepción.

A partir de estas dos tablas se puede determinar el número de camiones de cada tipo que tienen que venir cada día y el número total de palés necesarios en función del mes. Se ha dividido el porcentaje de demanda correspondiente a cada tipo de camión entre el número de pales que contiene cada tipo de camión. Son los datos que hay reflejados en la Tabla 5.1. El número de palés resultante por mes es el siguiente:

Tabla 5.4. Número de camiones y palés diarios para cada mes. (Elaboración propia)

Mes	Camión Tipo 1	Camión Tipo 2	Palés
Enero	27	33	882
Febrero	25	31	822
Marzo	22	27	720
Abril	23	28	750
Mayo	17	21	558
Junio	9	11	294
Julio	4	5	132
Agosto	4	4	120
Septiembre	8	10	264
Octubre	21	26	690
Noviembre	35	43	1146
Diciembre	38	46	1236

Al ser diciembre el mes de mayor demanda, lógicamente es el que más palés diarios va a necesitar almacenar en la cámara de expedición. Por lo tanto, el número de huecos a calcular va a ser igual a la cifra más alta de palés obtenida, en este caso 1236. Como se apilan a 3 alturas, el número de huecos será de 412.

#### 5.2.2. Cálculo de la superficie de almacenamiento necesaria

Una vez que se han determinado los huecos que la cámara de recepción necesita saber, se tienen que determinar qué superficie tiene cada hueco.

Como ya se sabe, el almacenamiento será mediante bloques apilados, debido a las mejores características operativas que presenta frente a otros medios más costosos. Por tanto, hay que establecer lo que será el módulo base y, posteriormente, calcular el área de cada hueco.



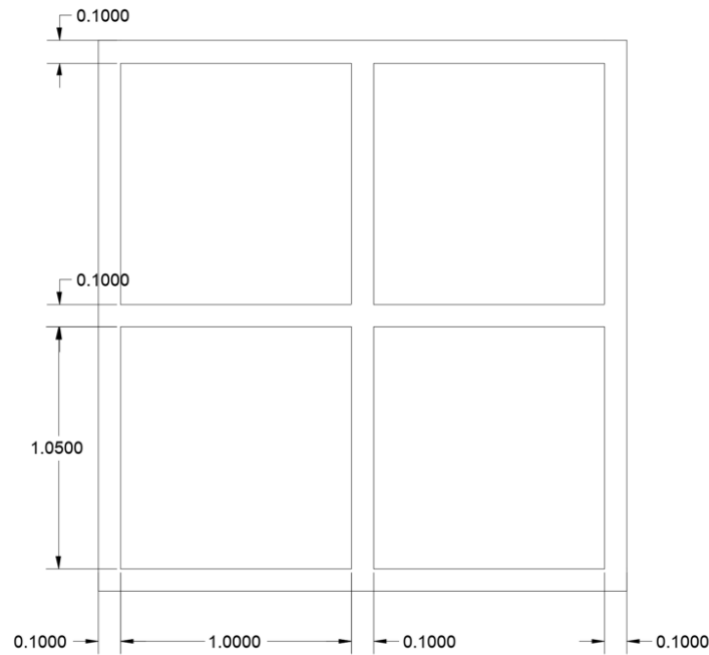


Figura 5.5. Vista en planta de las dimensiones y separación entre cada bloque. (Elaboración propia)

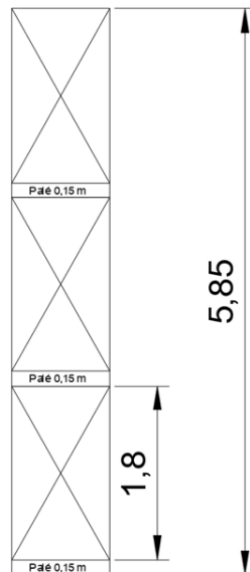


Figura 5.6. Vista de perfil de los palés apilados. (Elaboración propia)

En las Figuras 5.5 y 5.6 se pueden observar las separaciones entre los bloques. Lateralmente la separación será de 10 cm entre cada bloque y entre las paredes de la cámara. Para cada bloque apilado, la altura será la suma de los 15 cm del palé más los 1,8m de alto de la carga.

A continuación, es necesario saber que dimensiones de huecos tenemos, debido a que, tanto en los laterales de cada bloque como en las alturas, hay que dejar un espacio, en función de las políticas de gestión del almacén.

Tabla 5.5. Dimensiones de palé y de hueco (Elaboración propia)

	Palé	Hueco
Largo (m)	1,05	1,15
Ancho (m)	1	1,1
Alto (m)	1,8	1,95
Superficie (m <sup>2</sup> )	1,05	1,265
Volumen (m <sup>3</sup> )	1,89	2,47

El área y el volumen total vendrá definido por el producto del hueco y el número de palés totales.

$$\text{Área} = 412 \text{ palés} \cdot 1,265 \text{ m}^2/\text{palé} = 521,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 412 \text{ palés} \cdot 2,47 \text{ m}^3/\text{palé} = 1016,3 \text{ m}^3$$

Este es el espacio y volumen mínimo requerido para albergar los 485 bloques de 3 palés. A este valor, debe aplicarse un porcentaje extra que supone la pérdida de producto a la hora de su tratamiento. De media, el producto que se desecha por no cumplir las especificaciones es un 85% (corresponde a un 10% en la parte de destriado y un 5% en la parte de control del tamaño).

Aplicando ese 15% extra se tiene una superficie y volumen de huecos total de:

$$\text{Área} = 700 \text{ m}^2$$

La carretilla eléctrica mide 3,5 metros de largo, por lo que habrá que dejar al menos 4 metros extra de largo en la cámara. Adicionalmente, el alto de la cámara no será exactamente la altura de los tres palés aplicados. Se dejará un metro más de separación hasta el techo.

$$\text{Volumen} = \text{Área} \cdot (\text{altura hueco} + 1) = 700 \cdot (1,95 + 1) = 2065 \text{ m}^3$$

Este valor representa el área a ocupar por los bloques, pero a la hora de definir la configuración final habrá que establecer un largo y un ancho. Además, esa superficie variará ligeramente si se almacena todo en una cámara o si se emplean varias.

### 5.3. Dimensionado de la zona de recepción

Este apartado es importante debido a que un insuficiente espacio en esta área puede provocar un colapso en el almacén y en la llegada de camiones.

Para su cálculo, se va a tener en cuenta el número de camiones que llegan de media cada hora a lo largo de la jornada de trabajo. También se establecerá el número de muelles que se necesitan para que no exista colapso.

### 5.3.1. Número de muelles

En la siguiente tabla se observa el número de recepciones a la hora y el tiempo medio total ocupado para esta tarea en esa hora.

*Tabla 5.6. Tiempo recepción de los camiones. (Elaboración propia)*

	Camión Tipo 1	Camión Tipo 2	Suma
Número	38	46	84
Camiones/Hora	2	3	5
Descarga (min)	15	10	25
Tiempo (min)	30	30	60

Como se puede apreciar, el tiempo de descarga si vienen en una hora ese número de camiones sería justo de una hora. Esto significa que, si se colocasen dos muelles para la recepción, sería probable que se colapsara el área si en un determinado momento se acumulan varios camiones seguidos.

Como consecuencia, se van a dimensionar tres muelles. De esta manera, permitirán como máximo la descarga de entre 7 y 8 camiones a la hora, dependiendo del tipo y evitando aglomeraciones.

### 5.3.2. Cálculo de m<sup>2</sup> de la zona de recepción.

Como se acaba de mencionar, se van a implantar 3 muelles. Hay que ver cuantos camiones posibles pueden acudir en una hora de trabajo. Para cada tipo de camión, se ha determinado el número de palés que podrían llegar en una hora, teniendo en cuenta que al tiempo de descarga se le ha sumado un tiempo adicional de llegada del camión, maniobras y colocación de este en el muelle. Así, para cada tipo de camión nos encontramos lo siguiente:

#### Camión Tipo 1

*Tabla 5.7. Nº de palés que se receptionan durante una hora para el camión 1. (Elaboración propia)*

Muelles	3
Tiempo descarga (min)	15
Tiempo operativo (min)	153
Nº camiones	10
Palés	180

#### Camión Tipo 2

*Tabla 5.8. Nº de palés que se receptionan durante una hora para el camión 1. (Elaboración propia)*

Muelles	3
Tiempo descarga (min)	10
Tiempo operativo (min)	153
Nº camiones	15
Palés	180

Como se puede observar, en ambos casos en los que llegara una demanda muy fuerte de camiones en un periodo muy corto de tiempo, independientemente del tipo de camión que se tratase, llegarían unos 180 palés.

Sacando el valor de la superficie de palés se obtiene:

$$\text{Superficie} = 180 \cdot 1,05 = 189 \text{ m}^2$$

A este valor se le aplica de nuevo la regla del 85%. Además, ese es el valor que ocupan los palés, por lo tanto, habrá que dejar más espacio para hacer correctamente las operaciones de descarga y para que los operarios puedan moverse sin complicaciones. Se emplean transpaletas manuales para la descarga, cuya dimensión es un poco superior al metro.

En consecuencia, se multiplicará el espacio obtenido por un factor de 1,5 que permita el movimiento de operarios y medios de manutención, más la regla del 85%. Con todo esto se tiene:

$$\text{Superficie exp.} = 189 \cdot \frac{1,5}{0,85} = 333,5 \text{ m}^2$$

Se obtiene así una superficie de recepción de 333,5 m<sup>2</sup>. Más adelante, se establecerá la ubicación y sus medidas finales.

#### 5.4. Diseño del almacén de expedición

De la misma forma que para el producto de campo, se va a determinar el almacén de producto final listo para la expedición. Para este caso, se obtendrá una estimación del stock promedio y operativo, en base a un equilibrio entre el número de existencias y el aprovechamiento del espacio.

Para calcular el stock base se necesita conocer primero el concepto de “lote promedio”. Este término se obtiene de dividir el volumen anual entre la frecuencia de aprovisionamiento (Anaya Tejero, 2008). En este caso de estudio el aprovisionamiento es diario, por lo que el lote promedio es igual al valor de la demanda diaria en el mes de diciembre.

$$L_m = 883.000 \text{ kg}$$

Y el stock promedio de lote o stock base es la mitad de ese lote promedio:

$$\text{Stock Base} = \frac{L_m}{2} = 441.500 \text{ kg}$$

A esto hay que sumarle un stock de seguridad, es decir, el stock adicional necesario para cubrir cualquier fluctuación, como la lluvia. El stock de seguridad que manejan en la empresa es de dos días de stock medio.

$$\text{Stock Seguridad} = 2 \cdot 440.000 = 880.000 \text{ kg}$$

Ya se puede obtener el stock promedio total o stock operativo.

$$\text{Stock operativo} = (\text{Stock Base} + \text{Stock Seguridad}) = 1.321.500 \text{ kg}$$

#### 5.4.1. Cálculo del número de huecos

Una vez conocido el stock promedio, se tiene que determinar el número de huecos o unidades de almacenamiento. Para ello, primero se tiene que determinar el tipo de sistema de organización empleado. En este caso se emplea igual que para la recepción, el sistema de posición aleatoria. En él, el valor sería igual al del stock operativo, 1.321.500 kg.

Además, se le añade un 15% para atender al llamado “stock administrativo”. Este incremento también se llama la regla del 85% (Cardos Carboneras+, et al., 2003), referente al porcentaje máximo que se debe dejar de utilización. Con este incremento, el número de kilogramos serían 1.519.725 kg.

El peso del palé de expedición ronda los 800 kg de media, por lo tanto, el número de palés al que corresponde la cantidad anterior es de 1900 palés. Como se apilan en bloques de 3 palés, el número final de huecos sería de 633 huecos.

#### 5.4.2. Cálculo de m<sup>2</sup> de almacenamiento necesarios

Al igual que en el apartado 5.2.2, se tiene que obtener la superficie ocupada por los huecos para dimensionar la cámara de expedición.

En este caso, se emplea el europalé, con medidas de 1,2 x 0,8 metros. La altura de estos palés también será mayor que los de expedición.

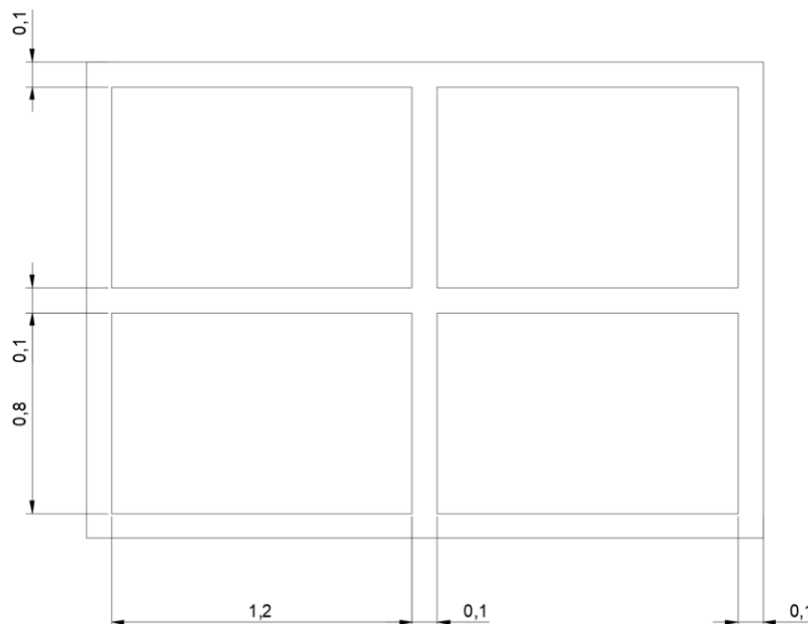


Figura 5.7. Vista en planta de las dimensiones y separación entre cada bloque. (Elaboración propia)

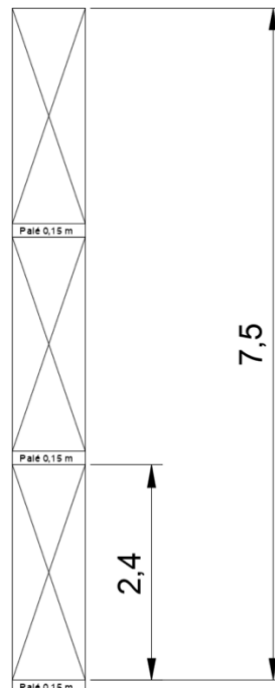


Figura 5.8. Vista de perfil de las dimensiones y separación entre cada palé. (Elaboración propia)

En las Figuras 5.7 y 5.8 se pueden observar que las separaciones entre los bloques. La separación seguirá siendo de 10 cm entre bloques y con las paredes. La altura de cada palé será de 2,4 metros más los 15 cm de altura del palé.

Al igual que antes, se van a sacar las dimensiones de cada hueco de acuerdo con las distancias antes mencionadas.

Tabla 5.9. Dimensiones de palé europeo y de hueco (Elaboración propia)

	Palé	Hueco
Largo (m)	1,2	1,3
Ancho (m)	0,8	0,9
Alto (m)	2,4	2,55
Superficie (m <sup>2</sup> )	0,96	1,17
Volumen (m <sup>3</sup> )	2,30	2,98

El área y el volumen total vendrá definido por el producto del hueco y el número de palés totales.

$$\text{Área} = 630 \text{ palés} \cdot 1,17 \text{ m}^2/\text{palé} = 737,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 630 \text{ palés} \cdot 2,98 \text{ m}^3/\text{palé} = 1879,6 \text{ m}^3$$

Este es el espacio y volumen mínimo requerido para albergar los 630 bloques de 3 palés. Previamente ya se le ha aplicado un 15% extra de ocupación. De igual manera, se aumentará la superficie para facilitar las maniobras de los carretilleros

La carretilla es igual a la de recepción, con unos 3,5 metros de largo. De igual forma, se dejarán unos 4 metros de separación.

Por último, la altura también se aumentará 0,5 metros para dejar separación entre el techo y los palés. Por lo tanto, el volumen será:

$$\text{Volumen} = \text{Área} \cdot (\text{altura hueco} + 0,5) = 737,1 \cdot (2,98 + 0,5) = 2567,7 \text{ m}^3$$

Estos valores son orientativos para que, a la hora de dimensionar las áreas tened una estimación de la dimensión. Cuando se seleccionen las superficies finales se verán ligeramente modificadas al establecer si se empleará una única cámara o varias y el ancho y el largo de estas.

### 5.5. Dimensionado de la zona de expedición

Para la zona de expedición habrá que hacer lo mismo que se ha hecho para la zona de recepción. En este caso, el tipo de camión que se emplea es el tráiler frigorífico. A continuación, se muestran sus dimensiones y su capacidad:

*Tabla 5.10. Dimensiones y capacidad del tráiler frigorífico (DSV, 2021)*

Peso (kg)	38
Capacidad (kg)	2
Volumen (m <sup>3</sup> )	15
Longitud interior (m)	30
Anchura (m)	2,48
Altura (m)	2,60
Nº de palés	33

A partir de los datos del número de palés por camión y el tiempo de carga se obtendrán el número de muelles y el espacio requerido para la zona de expedición. De igual manera, siempre se dimensionará con margen de maniobra ante posibles anomalías.

#### 5.5.1. Número de muelles

En la siguiente tabla se observa el número de recepciones a la hora y el tiempo medio total ocupado para esta tarea en esa hora.

*Tabla 5.11. Tiempo expedición de los camiones. (Elaboración propia)*

	Tráiler
Número	20
Camiones/Hora	1
Descarga (min)	58

En este caso, el proceso de expedición es más lento que la recepción, debido principalmente a que la capacidad de los camiones es de entre dos y tres veces mayor. En cargar un camión con palés de producto terminado tardan aproximadamente una hora. De esa hora, 45 minutos proceden de la carga de los palés, tardándose 1 minuto y 20 segundos de media con cada uno. Los 10-15 minutos restantes hacen referencia al tiempo necesario para la entrada y colocación del camión y para la preparación del producto.

En este caso, también se ha decidido que se vayan a colocar tres muelles, ya que el proceso de expedición no ocupa la totalidad de la jornada laboral, pudiendo acortarse ese tiempo y necesitando menos turnos de trabajo.

#### 5.5.2. Cálculo de m<sup>2</sup> de la zona de expedición.

Sabiendo que se van a instalar 3 muelles, se sigue el procedimiento similar al de la zona de recepción, obteniendo el número de palés que se pueden cargar y en enviar a lo largo de una hora de trabajo. Como se ha mencionado en el apartado anterior, el tiempo medio de carga de un camión está en torno a la hora. Teniendo 3 muelles que pueden operar simultáneamente nos encontramos con lo siguiente:

*Tabla 5.12. Nº de palés que se cargan durante una hora en el tráiler. (Elaboración propia)*

Muelles	3
Tiempo carga (min)	46
Tiempo operativo (min)	153
Nº camiones	3
Palés	99

En el peor de los casos, se tendría a los tres muelles operando al mismo tiempo, teniendo que cargar así 99 palés durante esa hora. La superficie que ocupan esa cantidad de palés es la siguiente:

$$\text{Superficie} = 99 \cdot 0,96 = 95,04 \text{ m}^2$$

No obstante, deberá haber también cierto espacio para la realización de maniobras de los carretilleros. Por lo tanto, ese valor puede multiplicarse por dos, para que haya espacio suficiente para todo tipo de maniobras. Con una superficie de expedición de 200 m<sup>2</sup>, las funciones en esa área se harán sin ningún tipo de problema.

#### 5.6. Dimensionado del almacén auxiliar

Además de los almacenes de producto de campo y de producto terminado, será necesario dimensionar el espacio requerido por el almacén de producto auxiliar. En este almacén se encontrarán los palés con las cajas donde se va a colocar el producto terminado, para posteriormente distribuirlo.

Las cajas que están almacenadas son de dos tipos:

- Cajas de cartón: ocupan más espacio ya que no se pueden plegar y almacenan el 35% de la producción.



- Cajas KLT de plástico: son cajas plegables. Al almacenarse ocupan menos espacio. Estas suponen el 65% del volumen total.

#### 5.6.1. Cálculo del número de huecos necesarios

El primer paso para determinar el número de huecos es conocer el stock de producto que se va a tener. A partir del stock operativo y mediante el número de cajas que contiene un palé se determinará el número de palés necesarios. Con ese valor, se obtendrá finalmente el número de huecos.

Las cajas de cartón tienen se reponen diariamente mediante que las cajas KLT son repuestas cada semana. Esto ocurre porque al poder plegarse se pueden almacenar en mayor cantidad. Y se ve reflejado en la siguiente tabla, como el número de unidades almacenadas es mayor.

*Tabla 5.13. Cálculo número de palés de material auxiliar. (Elaboración propia)*

	Cajas de cartón	Cajas KLT	Total
Stock operativo (kg)	42 000	180 000	222 000
Tiempo de aprovisionamiento	1 día	1 semana	
Nº cajas por palé	180	336	516
Nº palés	234	536	770

Como se observa, se pueden almacenar casi el doble de cajas por palé de KLT que de cartón. El inconveniente es que esas cajas KLT no son propiedad de la empresa, sino que se alquilan a una empresa externa, lo que provoca un aumento en el coste, mientras que las cajas de cartón sí pertenecen a la propia empresa.

Con todo esto, se ha calculado el número de palés que se necesitarán para almacenar dicho stock. A esos 770 palés se les suma un 15% por variaciones y se obtiene que aproximadamente se tienen que almacenar 886 palés. Como se apilan en bloques de dos, el número de huecos necesarios será de 443.

#### 5.6.2. Cálculo de m<sup>2</sup> de almacenamiento necesarios

Para obtener la superficie de almacenamiento se empleará la misma forma que para su cálculo en la cámara de expedición, ya que se emplean los mismos tipos de palés. La única diferencia es la altura del palé, que será mayor.

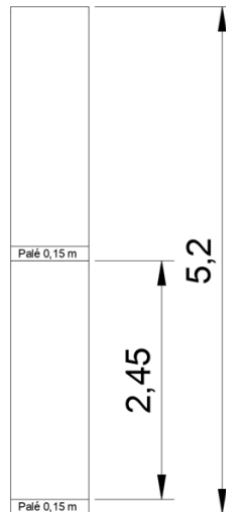


Figura 5.9. Vista de perfil de los palés apilados (Elaboración propia).

Tabla 5.14. Dimensiones de palé europeo y de hueco (Elaboración propia)

	Palé	Hueco
Largo (m)	1,2	1,3
Ancho (m)	0,8	0,9
Alto (m)	2,45	2,6
Superficie (m <sup>2</sup> )	0,96	1,17
Volumen (m <sup>3</sup> )	2,35	3,04

Se obtiene así el área y el volumen de los huecos:

$$\text{Área} = 443 \text{ palés} \cdot 1,17 \text{ m}^2/\text{palé} = 518,3 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 443 \text{ palés} \cdot 3,04 \text{ m}^3/\text{palé} = 1347,6 \text{ m}^3$$

De esta forma, la superficie de almacenaje será de unos 520 m<sup>2</sup>. Al igual que antes, a la hora de establecer su dimensión definitiva se dejará un mayor espacio para el movimiento de la carretilla. El volumen también aumentará significativamente ya que la altura del techo será mayor.

### 5.7. Superficie de las zonas restantes

Una vez determinadas las superficies de las zonas de almacenaje, hay que establecer las dimensiones del resto de áreas de trabajo. Estas áreas tienen una dimensión ya preestablecida, que se tiene que cumplir a la hora de hacer el *layout*.

Nos encontramos pues con la zona de producción, que va a comprender los diferentes procesos por donde pasará la fruta hasta ser empaquetada para su distribución. Este proceso tiene dos zonas diferencias que se van a explicar a continuación:

- Zona de volcado de cajas de campo. Es la superficie que se emplea en llevar los palés con producto de campo desde las cámaras de recepción hasta la zona de producción y tratamiento. Esta área requiere de espacio para el movimiento de los palés, el desmontaje de las cajas que contiene y la colocación del producto en las cintas transportadoras que lo llevarán a la siguiente zona. Además, en esta zona se recogerán las cajas vacías para almacenarlas en un punto en el exterior de la parcela. Esta zona requiere una superficie mínima de 500 m<sup>2</sup> para el correcto funcionamiento.
- Zona de producción. Es la siguiente parte a la que pasa el producto después de la zona de volcado. Por tanto, deberá estar contigua a esa zona. Esta superficie es la que va a necesitar la mayoría del espacio de la nave. En ella el producto irá pasando por los diferentes procesos hasta que se clasifique en función de su forma de embalaje final. Por los numerosos procesos por los que va a pasar y el espacio que requiere la línea, esta sección deberá ocupar un mínimo de 2500 m<sup>2</sup>.
- Paletizado: es la actividad que va inmediatamente después del proceso de envasado. Su superficie variará en función de la disponibilidad de la planta.
- Túnel de enfriado. Es el sistema de refrigeración rápida del producto, cuyo objetivo es bajar la temperatura rápidamente para facilitar las condiciones antes de su transporte. Se destinará un máximo de 60 m<sup>2</sup> para su superficie.
- Servicios auxiliares. Es la superficie destinada a vestuarios, oficinas, laboratorio, comedor, sala de reuniones. En general, donde van a trabajar los demás departamentos de la empresa. La superficie destinada a esta parte será como mínimo de 400 m<sup>2</sup>.
- Superficie sobrante. A la hora de dimensionar, en cualquier espacio que quede suelto se colocarán baños para los trabajadores, para tener más accesible su uso.

## 6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA S.L.P. PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALTERNATIVAS

### 6.1. Introducción a la metodología

El presente apartado constituye la fase de diseño de la distribución en planta, implantación o "layout". Una vez definido el producto, el sistema de producción y el dimensionado de los requerimientos de espacio del proceso, se buscará la ordenación de los Medios Directos de Producción (operarios, maquinaria y materiales) que participarán directamente en el proceso productivo, así como los medios auxiliares de producción que no participarán de forma directa, pero que sin ellos sería imposible realizar ese proceso.

Para conseguir este diseño en planta, se aplicará la metodología S.L.P. Se seguirá el esquema planteado en el apartado 3.2. Este esquema consta de 5 grandes etapas, las etapas de definición y análisis, que se desarrollarán en este apartado; las etapas de síntesis, selección, que se expondrán en el siguiente apartado y, por último, la etapa de implantación, que formará parte del apartado 8.

Antes de comenzar con cada etapa, es importante definir los cinco elementos que constituyen la base, ya explicados en el apartado 3.2.

1. Producto (P). El producto en este caso es la fruta. Ese mismo producto no sufre modificaciones de forma a lo largo del proceso, es el mismo a la entrada que en la salida. Únicamente, sufrirá tratamientos de calidad para satisfacer las necesidades del cliente. Esos controles de calidad abarcan desde la identificación, detección de defectos, tamaño hasta el estado óptimo de la fruta.
2. Cantidad (Q). La unidad de medida empleada para determinar la cantidad es el Kg. Los Kg vienen agrupados en cajas y estas, a su vez, en palés.
3. Recorrido (R). El recorrido que sigue será desde el muelle de recepción, donde se almacenarán después de llegar del campo. Se introducirán en la línea de producción, pasando por las diferentes secciones hasta su envasado y posterior almacenamiento en las cámaras de expedición, donde se distribuirán al consumidor.
4. Servicios (S). Los servicios auxiliares son los que se han definido en el apartado del dimensionado de su superficie. Contamos con los siguientes:
  - a. Muelles de carga y descarga.
  - b. Cámaras frigoríficas de recepción y expedición.
  - c. Volcado de cajas.
  - d. Almacén auxiliar de cajas.
  - e. Túnel de enfriado.
  - f. Oficinas, vestuarios, comedor, sala de reuniones, etc.
5. Tiempo (T). El tiempo engloba a los otros cuatro elementos. Se emplea para todo en la empresa, para saber desde la cantidad de producto, material, el tiempo de proceso, hasta para determinar la maquinaria. En ámbitos generales, el tiempo diario será de unas 14 h, divididas en dos turnos de 7h. Ese tiempo será el producto, es decir, eliminando descansos y paradas.

Sin embargo, en temporada alta, se incrementará el trabajo a tres turnos, trabajando 21 horas diarias.

Una vez determinados los cinco elementos base, se pasa a abordar el problema S.L.P. Para su correcto uso, se seguirán las seis etapas ya mencionadas en el apartado 3.2.

## 6.2. Análisis Producto-Cantidad (P-Q)

Estos dos elementos antes descritos son el punto de partida para el diseño. En este punto se debe tomar una decisión acerca de establecer las previsiones de producto y cantidad en base a las que diseñar. Esta cantidad de productos depende de tres factores:

- $P_i$ : producto que se prevé producir.
- $Q_i(t)$ : cantidad de ese producto que se prevé producir, que también depende del tiempo.
- $t$ : tiempo.

De las etapas del proceso de análisis, ya se han realizado las dos primeras en apartados anteriores. Se cuenta con 7 productos principales y otros 8 que se producen en menor cantidad. La previsión de producción ya se estableció en 116.160.000 kg de producto para el año 10 de funcionamiento.

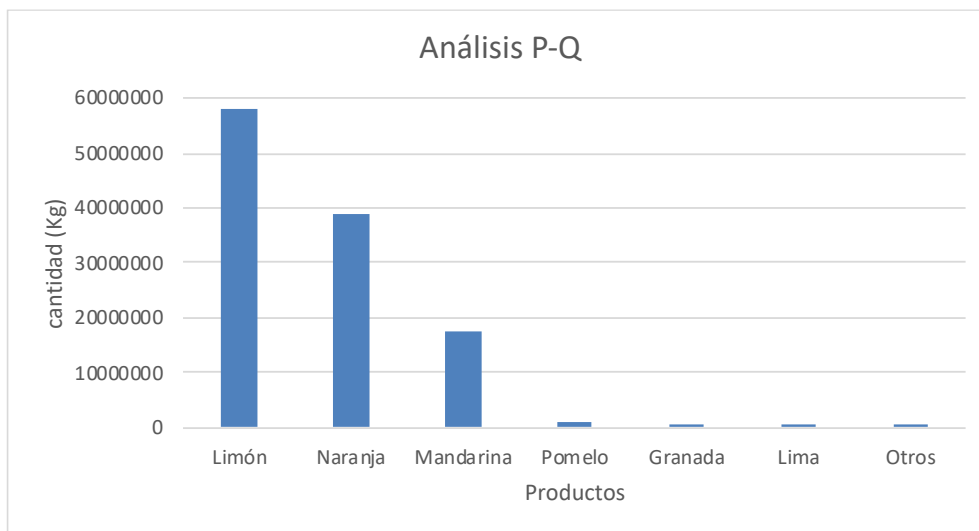


Figura 6.1. Representación gráfica del Análisis P-Q (Elaboración propia)

Para estudiar el gráfico P-Q será necesario compáralo con los 6 tipos de gráficos diferentes que hay. Cada uno refleja una situación de tratamiento distinta. A continuación, se muestran los seis tipos de gráficos P-Q:

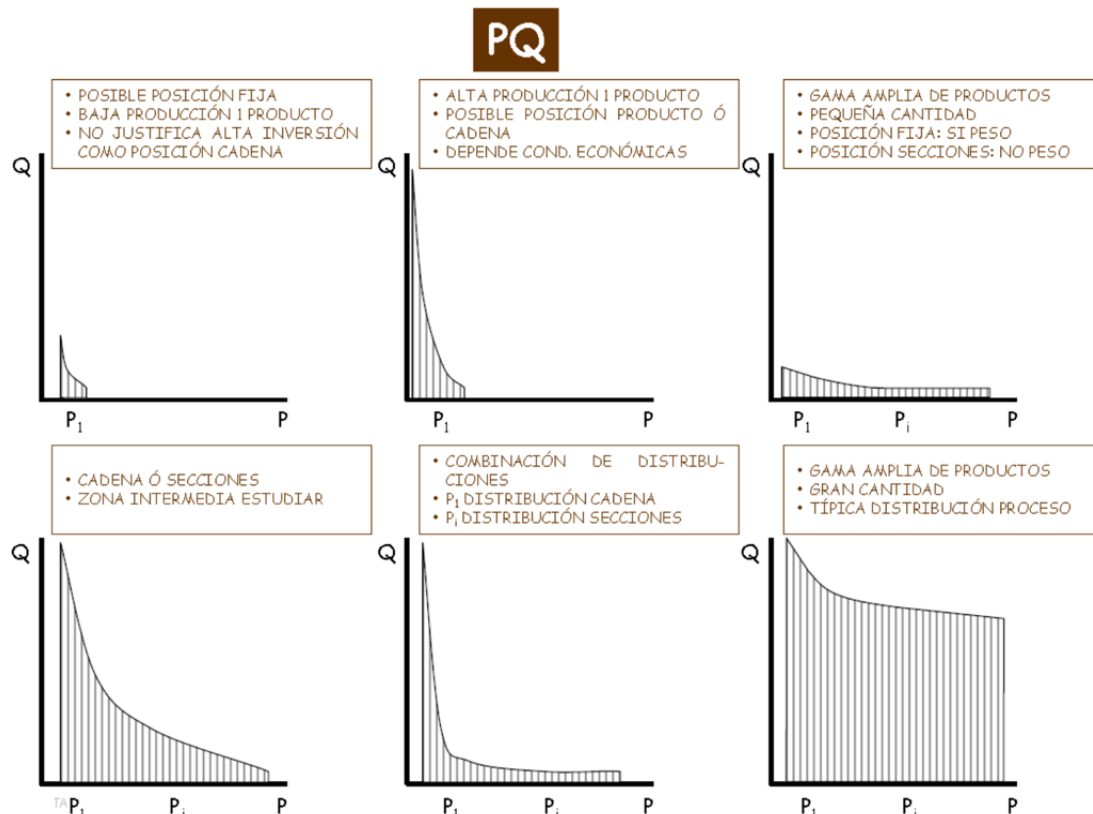


Figura 6.2. Diferentes casos de gráficas P-Q (Perez Salvatierra, 2014)

Como se observa, y comparando con la Figura 6.1, la gráfica se corresponde a un caso donde existen productos en los que sería interesante producir en cadena, y otros para los que es preferible la distribución por secciones. En este caso sería interesante imponer un proceso en cadena y el resto por secciones.

Sin embargo, lo que ocurre con el producto agrícola, es que independientemente del tipo de fruta que se trate, el procedimiento es idéntico para todas. Esto significa que no es necesario separar y clasificar en función del tipo de producto, y se puede considerar que se emplea un único producto, que pasa por las mismas secciones. Por lo tanto, el protagonista es el producto y la distribución que mejor se adaptaría en este caso es la distribución en cadena.

### 6.3. Análisis del recorrido de los productos

Esta etapa indica la determinación de la secuencia de los movimientos de los materiales a lo largo de diversas etapas del proceso, a la par que la intensidad o la amplitud de esos desplazamientos (Santamarina y Hospitaler, 1995).

Existen tres formas de llevar a cabo el análisis de recorrido de los productos, en función de la cantidad de productos a analizar.

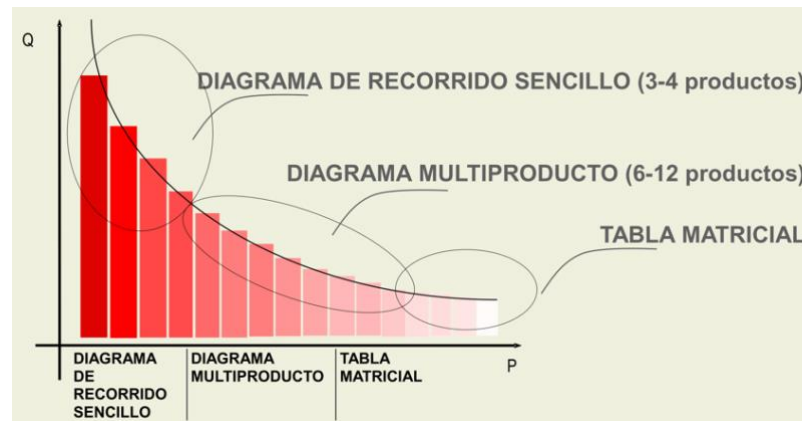


Figura 6.3. Tipos de Análisis de Recorrido de los Productos (Perez Salvatierra, 2014)

1. Para el caso de pocos productos de grandes cantidades se utiliza el Diagrama de Recorrido Sencillo (3-4 productos).
2. Para el caso de varios productos, habrá que utilizar varios diagramas sencillos. En este caso se emplea el Diagrama Multiproducto (6-12 productos).
3. Si se trata de multitud de productos variados, pero que se utiliza poca cantidad de ellos, se emplea como procedimiento de análisis la Tabla Matricial (más de 12 productos).

Para este caso de estudio, como ya se ha comentado en el anterior apartado, todas las variedades de productos tienen un proceso común. Por tanto, es como si se tratara de un solo producto en gran cantidad. El método más adecuado es el diagrama de recorrido sencillo.

#### 6.3.1. Diagrama de recorrido sencillo

Una vez determinado el tipo de análisis de los productos a realizar, se va a abordar el organigrama del proceso productivo. Consiste, básicamente, en un esquema del proceso productivo, donde se dibujan secuencialmente sus etapas. A partir de la simbología Tabla 3.1, se representará el organigrama de la empresa. Para poder determinar en detalle como es el proceso y cuál es la secuencia correcta de etapas hasta conseguir el producto final se recurrió al personal de planta para que nos explicarán en detalle el funcionamiento. De esta manera se ha podido establecer en base a ese criterio el diagrama de recorrido sencillo.

Adicionalmente, el diagrama se acompaña con una serie de datos:

- a) A la izquierda del símbolo de operación se indica el tiempo empleado por pieza elaborada.
- b) A la derecha, la descripción del proceso ejecutado.
- c) En el propio símbolo un número que refleja su denominación exacta.
- d) La intensidad del recorrido entre etapas.
- e) Si se considera necesario, las mermas o residuos generados durante el proceso productivo.

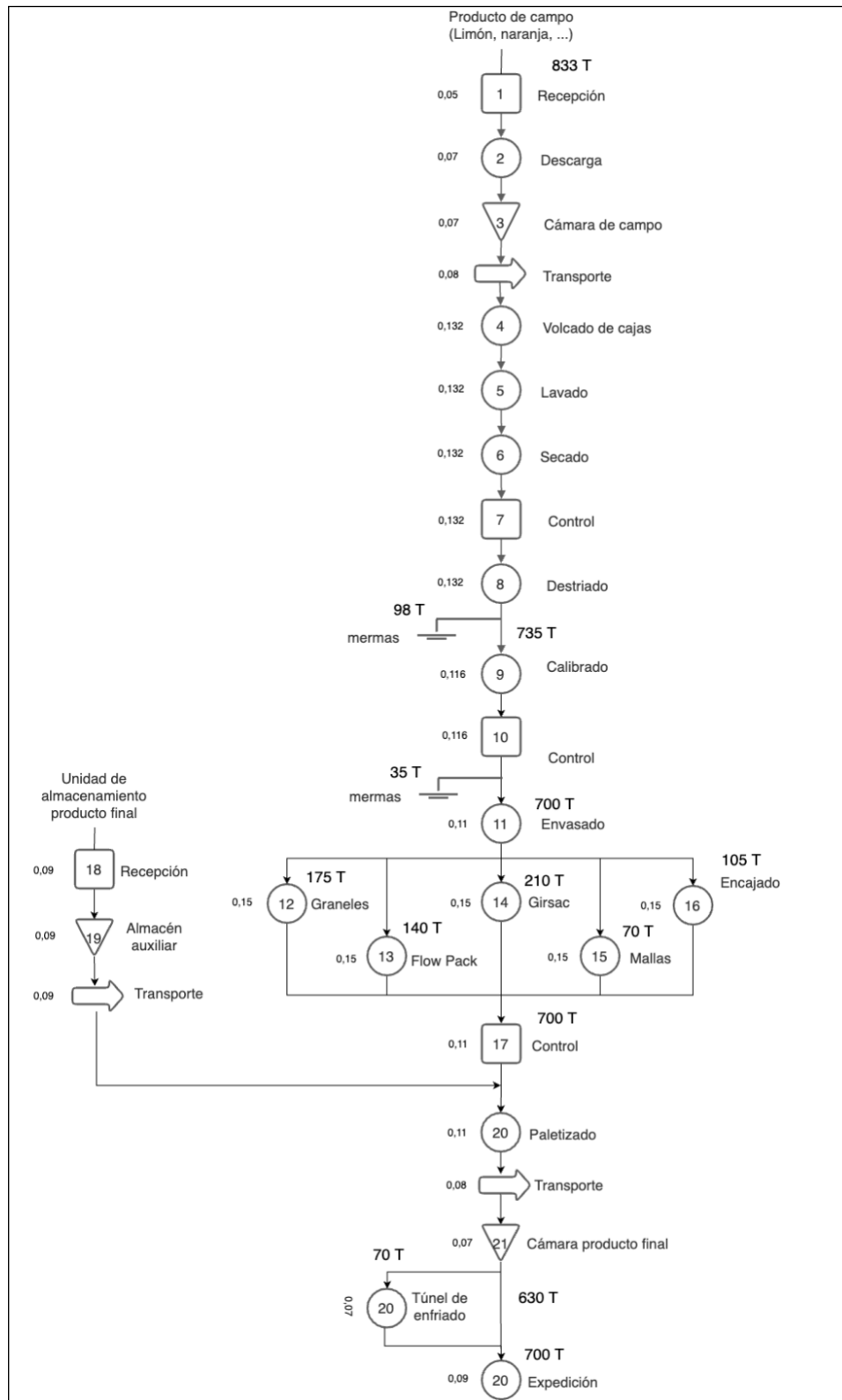


Figura 6.4. Diagrama de Recorrido Sencillo del proceso. (Elaboración propia)



En la Figura 6.4 se ve reflejado el diagrama de recorrido sencillo. Como se observa, el proceso es idéntico para todo el producto, independientemente del tipo de fruta que se trate. Todo el proceso se sigue a través de una línea de producción, donde se le van aplicando tratamientos de calidad para ir seleccionando aquellas cantidades que cubren los requerimientos de los clientes.

Una vez pasado este tramo se llega a la zona de envasado. En este punto, el producto se divide en función de la forma en la que se distribuye al cliente final. Se cuentan con cinco formas de envasado:

- Encajado (25%)
- Mallas (20%)
- Girsac (30%)
- Flow Pack (10%)
- Granel (15%)

Una vez envasado, se comprueba que las unidades de envasado cumplen con los estándares de calidad (que estén dentro de tolerancias) para pasar a su paletización y almacenaje en las cámaras frigoríficas. Ya en las cámaras estarán unas horas enfriándose para poder distribuirse. Sin embargo, un cierto porcentaje de producto (alrededor del 10%, y dependiendo de la época) en vez de ser almacenado en las cámaras de expedición pasará directamente a un túnel de enfriado rápido. Esto se emplea en épocas donde hace mucho calor, donde hay mucha demanda y se necesita que el producto salga rápido. Con este método de enfriamiento, el producto en dos horas alcanzará la temperatura idónea para poder ser distribuido a cualquier punto en los camiones frigoríficos. Así, se consigue alcanzar las condiciones óptimas de distribución en un menor tiempo.

#### 6.4. Relación entre Actividades

Tras el análisis de recorrido sencillo, no se han tenido en cuenta las actividades que no forman parte del proceso productivo. Son las llamadas actividades auxiliares, pero que igualmente son importantes y, por lo tanto, será necesario incluirlas. En consecuencia, se debe aplicar la tabla de relación entre actividades, ya que se da el caso de que muchas áreas de producción tienen una fuerte correlación (tanto positiva como negativa) con áreas de servicios auxiliares.

Cabe destacar que, para la formación de la tabla relacional de actividades, que se representará a continuación, se han establecido las relaciones bajo criterio propio, en base a información facilitada por los operarios de la planta actual y observando y analizando en persona el flujo de material, de personal y de componentes.

##### 6.4.1. Tabla Relacional de Actividades

La T.R.A. (Tabla Relacional de Actividades) es uno de los métodos más precisos y eficaces para preparar la implantación. Se representa mediante un cuadro organizado de forma diagonal donde se colocan las actividades y sus correspondientes relaciones.

La lista de actividades está compuesta por aquellas que aparecen en el análisis de recorrido sencillo además de las auxiliares. En total, son 20:

1. Recepción
2. Descarga
3. Cámara de campo
4. Volcado de cajas
5. Lavado
6. Secado
7. Destriado
8. Calibrado
9. Envasado
10. Recepción de cajas
11. Almacén aux. de cajas
12. Paletizado
13. Cámara final
14. Túnel de enfriado
15. Expedición
16. Oficinas
17. Vestuarios
18. Comedor
19. Sala de reuniones
20. Laboratorio

En cuanto a los motivos o razones por las que se van a estudiar las relaciones entre las actividades, se tienen estos 12:

1. Utilización de la misma información
2. Utilización del mismo personal
3. Comparten el mismo espacio
4. Existe algún grado de contacto personal
5. Realizan trabajo personal
6. Utilizan el mismo equipo
7. Olores
8. Necesidad de inspección
9. Recorrido de los productos
10. Ruidos
11. Peligrosidad
12. Otros

A continuación, se muestran los resultados del análisis para este caso. Hay que decir que cada una de estas relaciones se ha obtenido bajo criterio personal con ayuda y aportación de información por parte de la empresa.

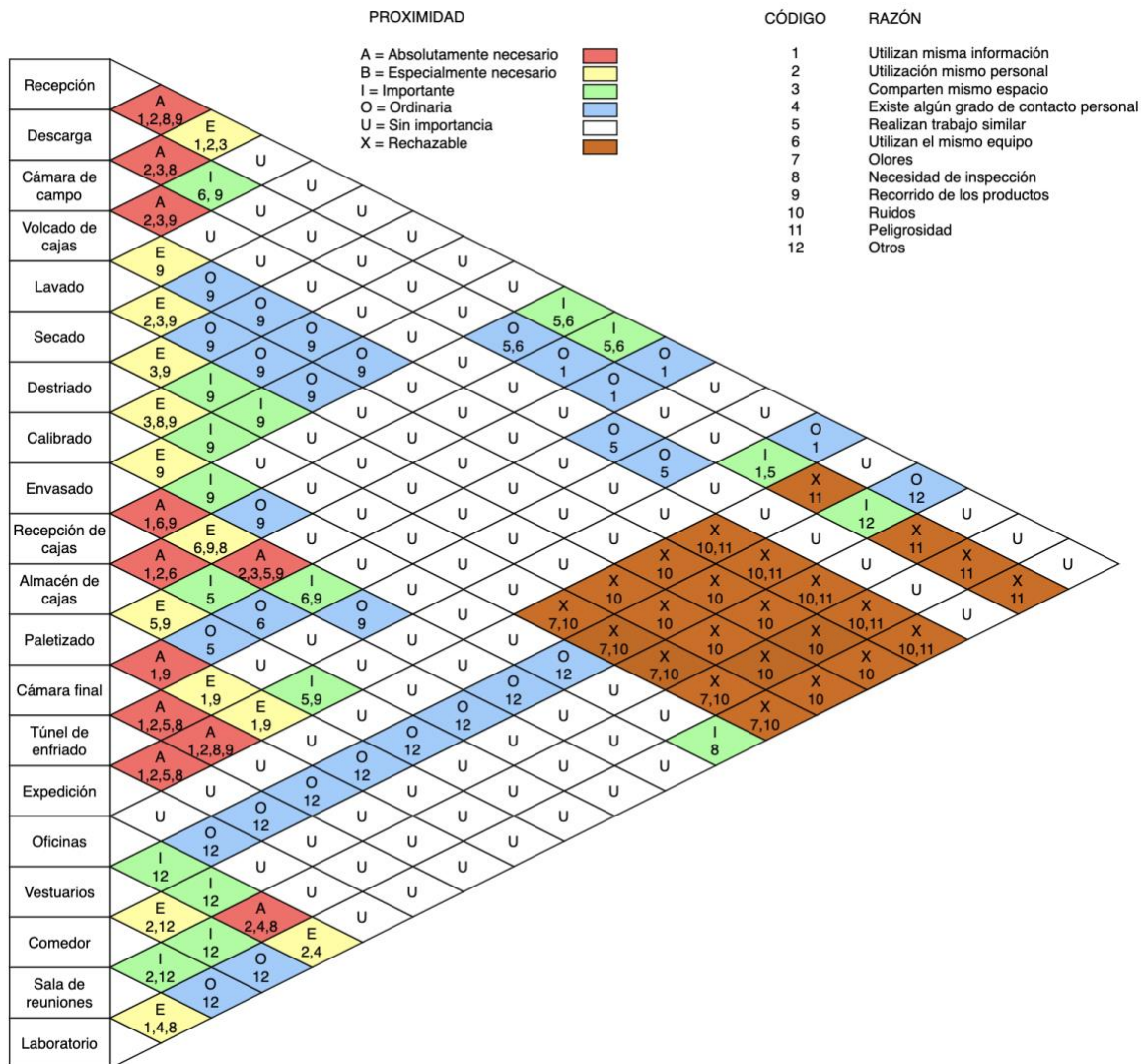


Figura 6.5. T.R.A del caso de estudio (Elaboración propia)

Las actividades que se han tenido en cuenta a la hora de realizar la tabla son las dimensionadas en el apartado 5 junto con las obtenidas en el diagrama de recorrido sencillo. Los motivos, así como las relaciones entre actividades han sido en base a criterios objetivos teniendo en cuenta la configuración de la planta actual de la empresa y de la experiencia de los operarios que trabajan allí.

Se observa que las relaciones más fuertes son las predecesoras, puesto que se han colocado en orden con forme al funcionamiento de la línea de producción. Por lo tanto, tiene sentido que esa fuerte relación vaya siendo de cada una con la anterior.

Al llegar a las actividades auxiliares, se observa que entre ellas la relación si es importante y que existe una fuerte relación de tipo rechazable entre ellas con respecto a las actividades que conforma la primera parte del tratamiento. Esto se debe, como se indica en los motivos, al excesivo ruido que existe

en esa parte y a la cierta peligrosidad que puede conllevar tener acceso a esas partes donde se está empleando maquinaria.

### 6.5. Diagrama Relacional de Recorridos y/o Actividades

Tras establecer la Tabla Relacional de Actividades, y completar la parte de definición, la siguiente parte es la de análisis. Esta etapa comienza con el diagrama relacional de recorridos y/o actividades y consiste en hacer una representación en forma de gráfico que reponga de forma visual los datos anteriormente obtenidos. Este gráfico persigue encontrar la ordenación de las actividades en la planta. Para llevarlo a cabo, las actividades se representarán con puntos y las relaciones mediante líneas.

El grafo que se va a representar es el Diagrama Relacional de Actividades debido a que se obtiene a partir de la Tabla Relacional de Actividades.

Se sigue el procedimiento mencionado en el apartado de Antecedentes teóricos:

1. Las actividades en el Diagrama Relacional son las siguientes:

- 1º. Recepción
- 2º. Descarga
- 3º. Cámara de campo
- 4º. Volcado de cajas
- 5º. Lavado
- 6º. Secado
- 7º. Destriado
- 8º. Calibrado
- 9º. Envasado
- 10º. Recepción de cajas
- 11º. Almacén aux. de cajas
- 12º. Paletizado
- 13º. Cámara final
- 14º. Túnel de enfriado
- 15º. Expedición
- 16º. Oficinas
- 17º. Vestuarios
- 18º. Comedor
- 19º. Sala de reuniones
- 20º. Laboratorio

2. Se ordenan las actividades por proximidades.

Proximidad Tipo A

- 2 con 1 y 3



- 3 con 4
- 9 con 10 y 11
- 10 con 11
- 12 con 13
- 13 con 14 y 15
- 14 con 15
- 16 con 19

#### Proximidad Tipo E

- 1 con 3
- 4 con 5
- 5 con 6
- 6 con 7
- 7 con 8
- 8 con 9
- 9 con 11
- 11 con 12
- 12 con 14 y 15
- 16 con 20
- 17 con 18
- 19 con 20

#### Proximidad tipo I

- 1 con 10 y 11
- 2 con 4, 15 y 17
- 6 con 8 y 9
- 7 con 9
- 8 con 10 y 20
- 9 con 13
- 10 con 12
- 11 con 15
- 16 con 17 y 18
- 19 con 17 y 18

#### Proximidad Tipo O

- 1 con 12, 15 y 17
- 2 con 10, 11 y 12
- 3 con 13 y 14
- 4 con 6, 7, 8 y 9
- 5 con 7, 8 y 9

- 8 con 11 y 17
- 9 con 14 y 17
- 13 con 10 y 11
- 17 con 10, 11, 12, 13, 14 y 15
- 20 con 17 y 18

Proximidad Tipo X

- 2 con 16, 18, 19, 20
- 4 con 16, 17, 18, 19, 20
- 5 con 16, 17, 18, 19, 20
- 6 con 16, 17, 18, 19, 20
- 7 con 16, 17, 18, 19, 20

3. Primero se van dibujando las uniones de tipo A. posteriormente se irán uniendo los demás tipos en función de su importancia. En las siguientes figuras se mostrará la evolución del diagrama.

Diagrama 1

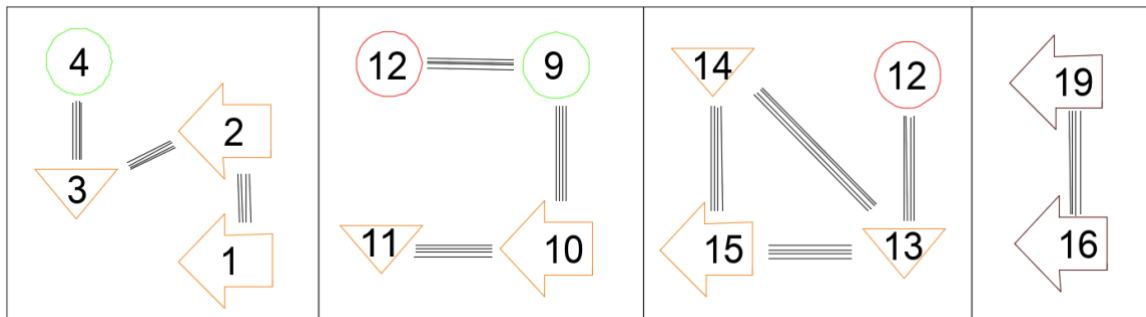


Figura 6.6. Representación de las uniones de tipo "A" (Elaboración propia)

Diagrama 2

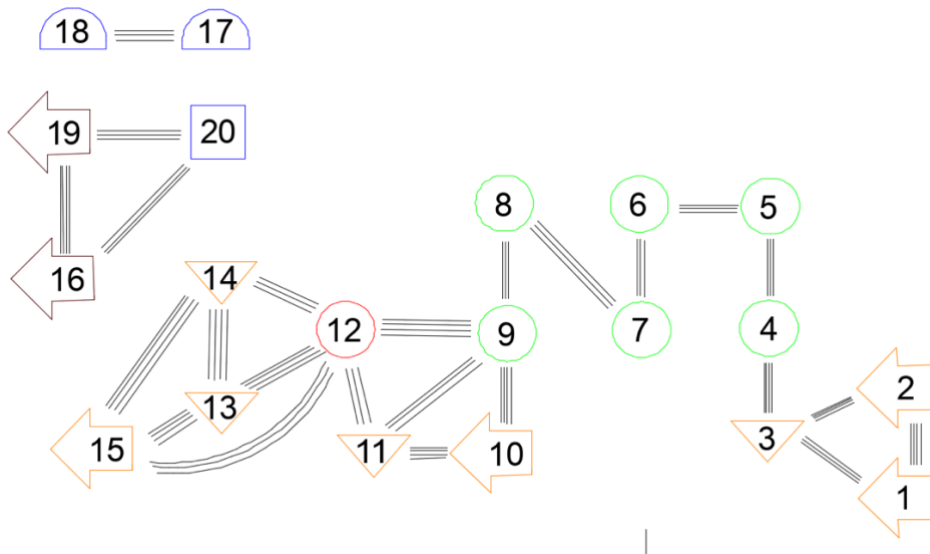


Figura 6.7. Representación de las uniones tipo "A" y tipo "E" (Elaboración propia)

Diagrama 3

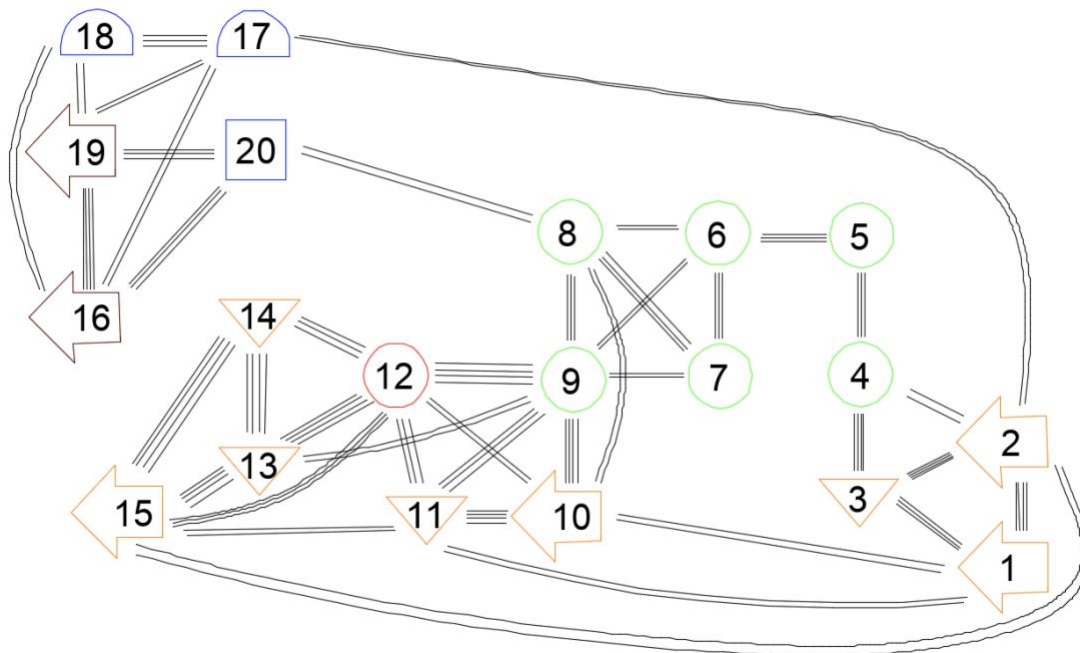


Figura 6.8. Representación de las uniones hasta la de tipo "I" (Elaboración propia)

Diagrama 4

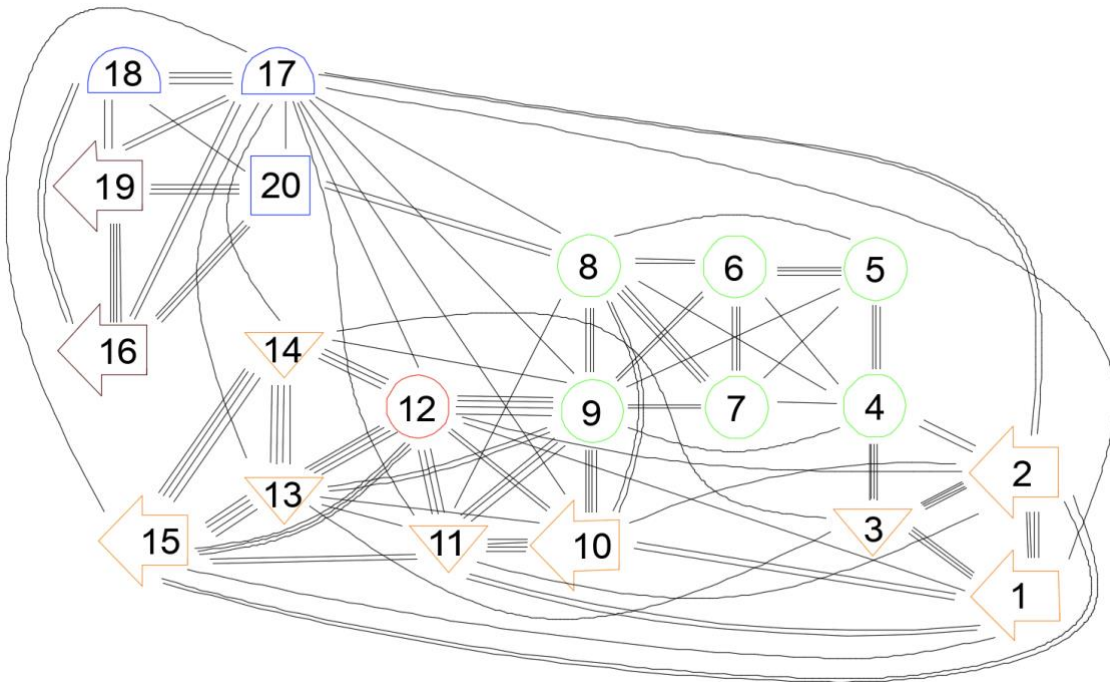


Figura 6.9. Representación de las uniones hasta las de tipo "O" (Elaboración propia)

Diagrama 5

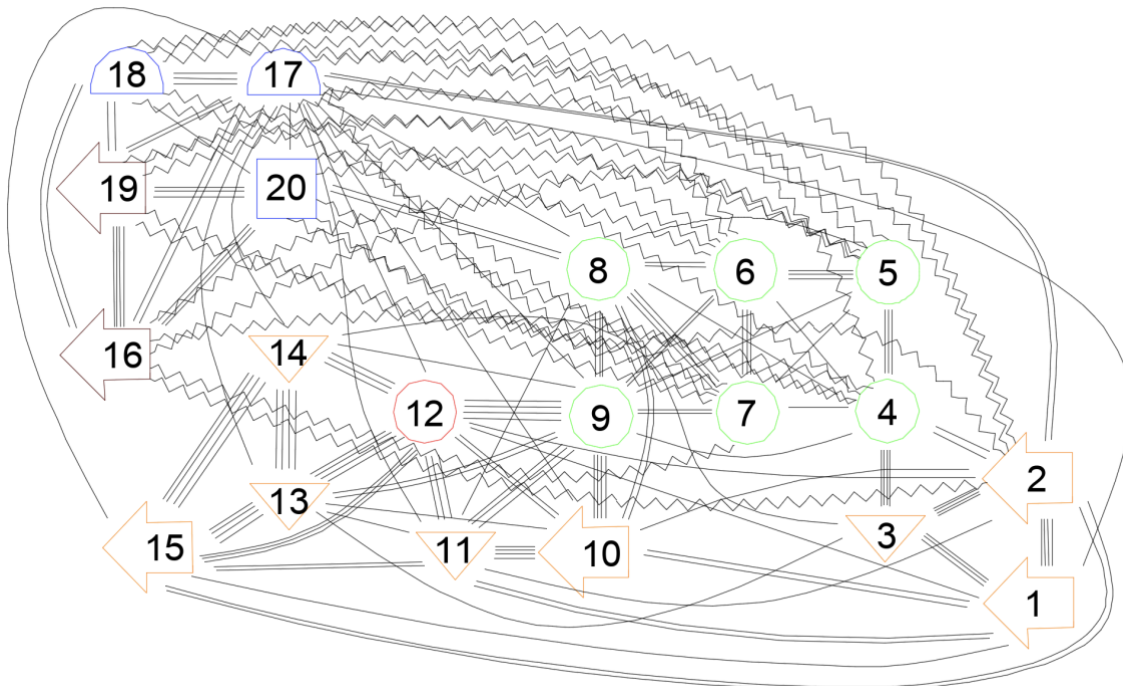


Figura 6.10. Representación completa del Diagrama Relacional de Actividades (Elaboración propia)



Tras la realización de los cinco diagramas, el resultado es poco clarificador debido a la multitud de relaciones existentes entre actividades, sobre todo viendo el diagrama 5. Esta representación permite observar de primera mano como se podrían distribuir las secciones y como son las relaciones entre ellas. Es muy útil para ver visualmente como se agrupan las actividades de mayor correlación y como están situadas las que tienen relación de rechazo.

Al observar el diagrama 5, se puede sacar alguna conclusión. Ver que son las actividades auxiliares las que se tienen que intentar colocar lo más lejos posible de las actividades 2, 4, 5, 6 y 7. También se observa que entre las actividades comprendidas entre la 9 y la 15, las relaciones son muy importantes y, por consiguiente, es preferible que estén lo más próximas posibles.

Como punto a resaltar también, ver cómo se han colocado las áreas de almacenamiento y de recepción y expedición en la parte inferior y derecha, ya que se tenía que cumplir la restricción de que los muelles debían colocarse en esas dos caras.

Sin embargo, aunque se haya pensado en dar una distribución exacta, mediante este diagrama resulta complicado. Esto es debido a que aquí representa relaciones, pero no exactamente la posición que ocupa en el plano esa relación. Tampoco se tienen en cuenta las superficies, algo muy importante ya que se tienen secciones que llegan a ser casi 10 veces más grandes que otras.

Es por eso, que a continuación de este diagrama, y como forma de apoyo para poder situar mejor cada actividad, se va a aplicar la teoría de grafos.

#### 6.5.1. Aplicación de la teoría de Grafos al D.R.A.

El objetivo con la aplicación de este grafo es encontrar una ordenación de las actividades intentando que no existan cruzamientos entre las que muestran mayor tipo de relación. Como ya se ha comentado, esta teoría resulta más útil a la hora de ubicar las actividades en el plano, porque al tener un número máximo de aristas que emplear, se centra en las que tienen las relaciones más importantes, dejando de lado las que son más débiles.

Lo que pasaba con la D.R.A era que se representaban todos los tipos de relaciones, incluidas las de tipo ordinario que no son tan representativas. Esto provocaba que se formaran multitud de líneas y a la hora de poder ubicar cada sección resultaba complejo.

Mediante este método ese problema se reduce considerablemente, ya que, al limitarse el número de relaciones, quedarán representadas las de mayor importancia, dando énfasis a ellas y obteniendo una distribución más acorde.

El número máximo de posibles relaciones para 20 actividades es el siguiente:

$$N^{\circ} \text{ máx. relaciones} = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (20 - 1) = 190$$

Existe pues, un máximo de 190 posibles relaciones entre las 20 actividades que conforman el proceso.

Y el número máximo de esas relaciones que se puede representar sin cruces se obtiene como:

$$N^{\circ} \text{ máx. aristas} = 3 \cdot n - 6$$

El resultado obtenido del Diagrama de Relaciones de Actividades deberá modificarse, eliminando las relaciones sobrantes para satisfacer la condición de planaridad. El diagrama de la Figura 6.12 se modificará, siguiendo una serie de pasos, para obtener un primer *layout* de bloques. Los pasos son tres:

1. A partir de la tabla se construye el G.P.P.M. El número de actividades que se tienen son 20, por lo que el número máximo de aristas será de 54 aristas.

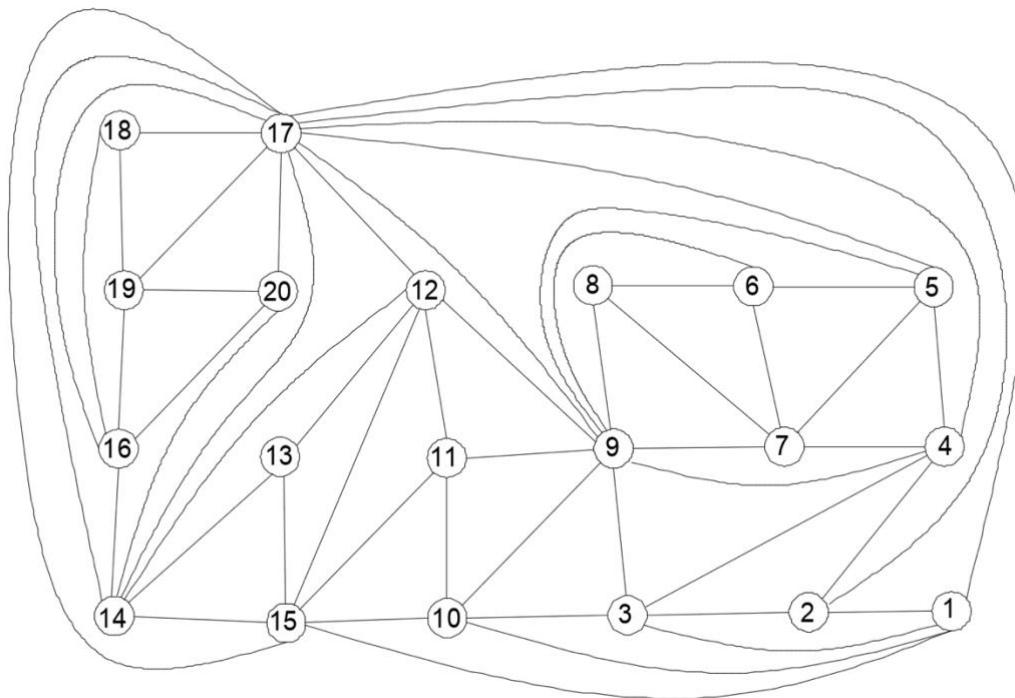


Figura 6.11. Grafo Planar Ponderado Maximal (Elaboración propia)

2. Con el G.P.P.M. se dibuja ahora el Grafo Dual. Será necesario dibujar un punto en cada cara rodeada por los vértices de las actividades, además de dibujar un vértice nuevo en el exterior, para que de esta forma todas las actividades tengan un espacio concreto delimitado.

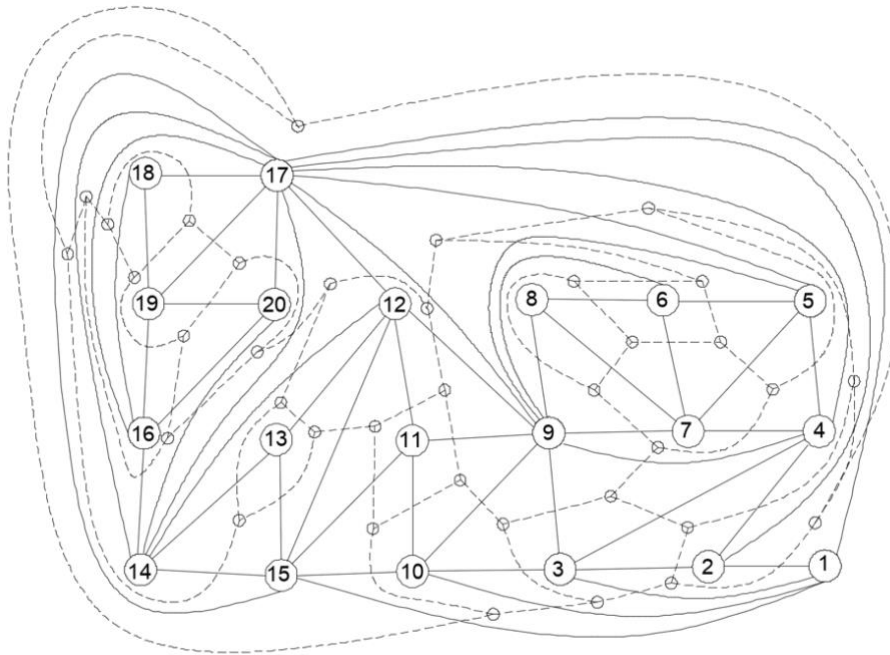


Figura 6.12. Grafo Dual (Elaboración propia)

3. Transformación del Grafo Dual en un *layout* de bloques. Una posible configuración obtenida es la siguiente:

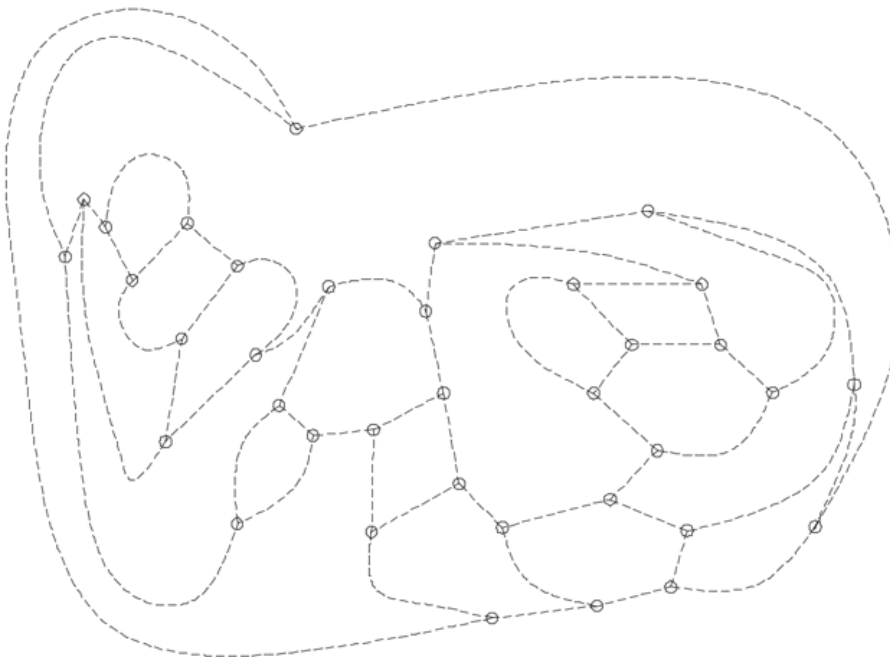


Figura 6.13. Construcción del layout de bloques (Elaboración propia)

Esta configuración obtenida es una primera aproximación al diseño, ya que los espacios de cada actividad no coinciden con sus necesidades reales. Se observa al realizar este tipo de representaciones

que son las actividades que están en el exterior las que tienen una superficie mayor. Esto ocurre porque tienen que englobar a las demás. Sin embargo, esas actividades pueden requerir un espacio mucho menor. Con este gráfico, se consigue ver como se podría más o menos situar cada sección en el plano.

Quedará ahora transformar este esquema obtenido en una distribución de bloques ordenada, teniendo en cuenta la superficie de cada actividad.

En el siguiente punto, se determinarán los espacios de cada actividad y se desarrollará una nueva configuración a partir del Diagrama Relacional de Espacios. Posteriormente, se modificará esta alternativa obtenida mediante este método para que también cumpla con los requerimientos de espacio. Tras la obtención de estas dos alternativas, se desarrollará dos más y se evaluarán para ver cual de ellas es la más rentable.

## 6.6. Determinación de los espacios

En el apartado 5 se obtuvieron las necesidades de espacio de los almacenes (en este caso cámaras frigoríficas) tanto del producto de campo y terminado como de material auxiliar (cajas en nuestro caso). También se dimensionó la zona de recepción y expedición del producto.

En cuanto al resto de áreas productivas y auxiliares se comentó su valor aproximado para que las operaciones se pudieran realizar correctamente. Si bien estos valores se obtuvieron en base a la planta actual (pero dimensionados para la nueva), no son cifras exactas, por lo que pueden existir variaciones a la hora de determinar el diagrama relacional de espacios. Además, al haber una superficie de planta total ya determinada, se presenta la dificultad de la limitación del espacio, pudiendo no ajustarse las necesidades con la disponibilidad. En consecuencia, las superficies de cada actividad pueden verse sometidas a pequeñas modificaciones de espacio de forma iterativa con el fin de obtener un nivel de satisfacción adecuado.

Si se nos da el caso mencionado, donde las necesidades superen a las disponibilidades, será preciso realizar una reducción. Esta reducción no debe hacerse de forma proporcional entre todas las áreas, si no que es preferible que se reduzcan aquellas que supongan un menor perjuicio para la empresa; es decir, se clasificarán cada uno de los sectores para poder determinar cuáles pueden ser reducidos.

Dicho esto, y recordando la superficie total de emplazamiento disponible, se procede a exponer las necesidades de espacio de cada actividad:

- Recepción y descarga: se obtuvo su cálculo en el subapartado 5.3.2. Según las necesidades se necesitan 333 m<sup>2</sup>.
- Cámara de campo: se calculó una superficie de 700 m<sup>2</sup>.
- Volcado de cajas: esta actividad requiere un mínimo de 500 m<sup>2</sup> para su correcto funcionamiento.
- Producción: la zona de producción la componen los procesos de lavado, secado, destriado, calibrado y envasado. En total necesitarán en torno a los 2500 m<sup>2</sup>. De esos procesos, el

envasado ocupará un mínimo de 2000 m<sup>2</sup>, clasificados en los 5 tipos de envasados que tienen. El resto del espacio será para los otros procesos, que se colocarán según una línea de producción.

- Paletizado: el paletizado necesitará una amplia superficie, ya que habrá 5 zonas distintas de envasado. En total, habrá una superficie disponible de 500 m<sup>2</sup>, pudiendo ser ampliada si se requiere mayor espacio.
- Recepción y almacén de cajas: se obtuvo una superficie de 520 m<sup>2</sup> de almacenaje de cajas, a lo que habrá que sumarle una pequeña cantidad equivalente a la recepción (aproximadamente 150 m<sup>2</sup>).
- Cámara final: se calculó una superficie de 737 m<sup>2</sup>.
- Túnel de enfriado: corresponde a un 5% de la capacidad de la cámara final. En total, se destinarán 60 m<sup>2</sup>.
- Expedición: se obtuvo un valor de expedición de 200 m<sup>2</sup> de superficie.
- Actividades auxiliares: son los espacios correspondientes a las oficinas, vestuarios, comedor, sala de reuniones y laboratorio. En total, se necesita un mínimo de 400 m<sup>2</sup> para todas ellas.

Una vez determinados los requerimientos de espacio de cada actividad, se procede a la obtención del Diagrama Relacional de Espacios.

### 6.7. Diagrama Relacional de Espacios

El Diagrama Relacional de Espacios tiene la particularidad de que su representación se dibuja a escala, de manera que cada superficie sea proporcional a la que realmente necesita. Este diagrama es el instrumento que sirve de partida para generar un conjunto de distribuciones que, posteriormente se evaluarán.

De este modo, estamos a disposición de generar una serie de alternativas que den solución al problema. Cada una de las soluciones que se obtengan serán reales y capaces de satisfacer las necesidades de este.

Recordando la superficie disponible, se contaba con un rectángulo de parcela de 106\*67 m<sup>2</sup>. La altura de la nave es de 9,5 metros. El acceso de material solo puede realizarse por el lado inferior y/o por el lado derecho de la parcela. Por lo tanto, solo se podrán colocar los muelles en esos dos lados. En cuanto a los accesos de personal, no existe limitación de número de entradas ni localización, pudiendo situarse donde mejor convenga en cada caso.

Una vez comentados los principales puntos importantes de la nave, se representa el diagrama y se explican las modificaciones que se han realizado con respecto al Diagrama Relacional de Actividades. A continuación, se representará una distribución teórica de espacios, que será ideal, puesto que las actividades no se encuentran encajadas unas con otras. Este diagrama es de fundamento orientativo, que haga de base para la generación de alternativas, mediante pequeñas modificaciones que se ajusten a la superficie teórica.

En la siguiente figura se observa el Diagrama Relacional:

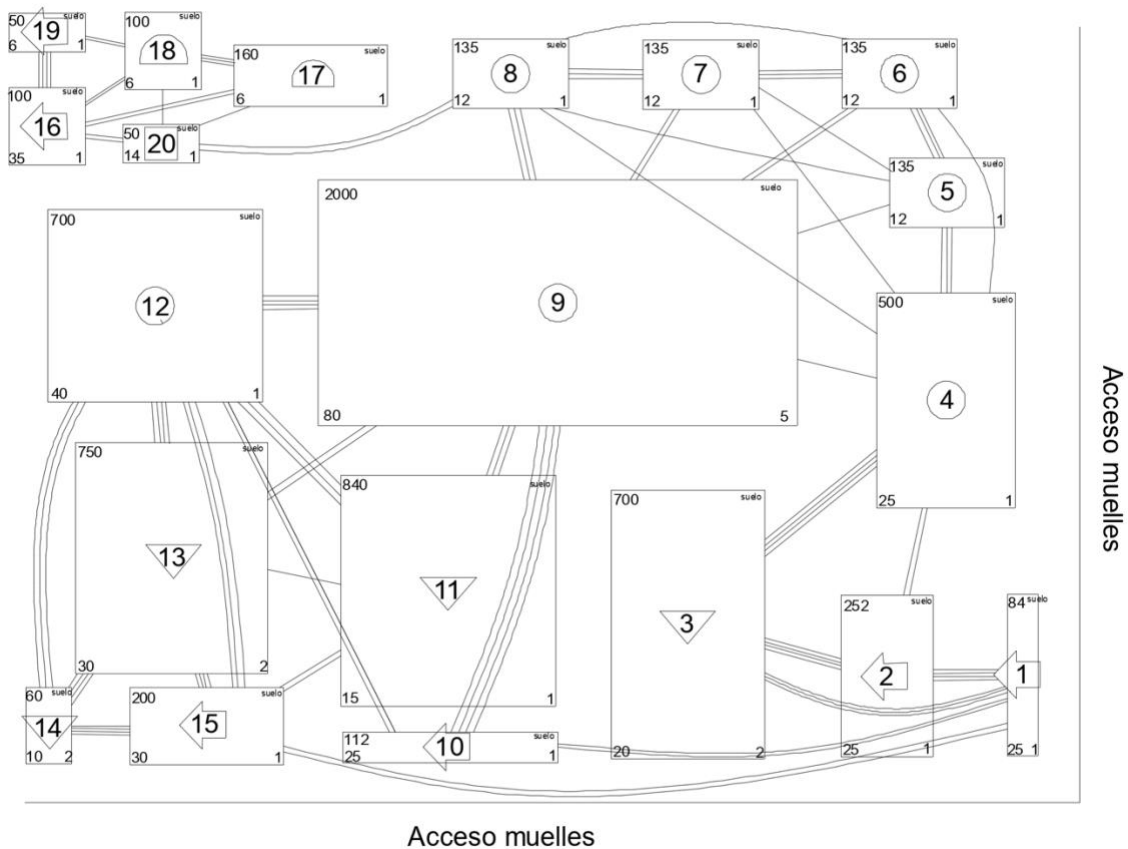


Figura 6.14. Diagrama Relacional de Espacios (Elaboración propia)

Cada actividad está separada de las demás por huecos, y están representadas con su superficie mínima requerida. Esa superficie y esas dimensiones pueden variar ligeramente a la hora de la generación de alternativas. También se observa como las actividades de descarga y expedición de producto, así como la de material auxiliar se encuentran ubicadas en los laterales por donde pueden acceder los camiones, tal como se indicaba en el proceso de análisis inicial.

Se ha separado también la zona de producción y almacenamiento de la zona de servicios auxiliares, de forma que se encuentra en una parte más aislada. Esto es debido a la poca relación que mantiene esta zona con la de producción.

## 7. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN

Este punto es la continuación de la metodología S.L.P. expuesta en el apartado 6. Correspondiente con la parte de síntesis, evaluación y selección de las alternativas propuestas. Se plantearán 4 tipos de modificaciones de *layout* basadas en el Diagrama Relacional de Espacios y Grafo Dual anteriormente descritos. Una vez planteadas cada alternativa, se evaluarán sus ventajas e inconvenientes en base a una serie de criterios que se definirán para, finalmente, seleccionar la alternativa ganadora mediante la implementación de la metodología AHP.

Para cada alternativa se generará una distribución, se explicarán las razones de cada ubicación junto con la superficie de cada actividad, viendo si cumple o no con el mínimo establecido. Por último, se describirá cada punto a favor y en contra.

En primer lugar, se ha decidido que todas las alternativas van a estar estructuradas en una superficie de planta de mismas dimensiones. Esto significa que para las 4 alternativas que se van a desarrollar, se tendrán que colocar los espacios en una planta con forma de rectángulo de 106 metros de largo por 67 de ancho. Esto corresponde a 7102 m<sup>2</sup> de superficie. La superficie mínima requerida por todas las secciones era de 6600 m<sup>2</sup>. Se ha aplicado un pequeño incremento extra para asegurar el espacio y evitar tener secciones con falta de superficie.

7.1. Alternativa 1

A la hora de realizar la distribución, se ha agrupado la zona de recepción y descarga de producto en una misma superficie común, ya que realizan operaciones consecutivas. De la misma manera, se ha agrupado la recepción en el almacén de cajas, así como la expedición con la cámara de producto terminado.

A continuación, se muestra el diseño de la primera alternativa:

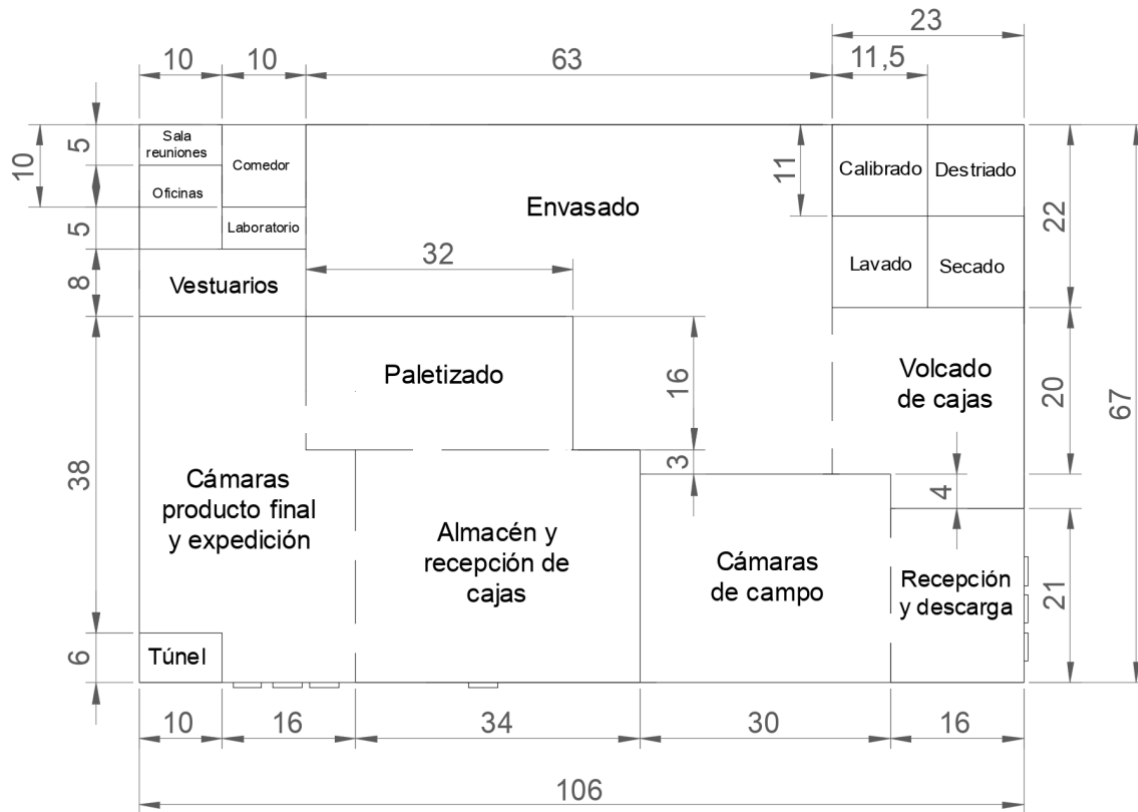


Figura 7.1. Alternativa 1 de layout (Elaboración propia)

Se agrupan las dimensiones de cada actividad con el fin de comprobar que cumplen con el mínimo requerido.



Tabla 7.1. Dimensiones de las secciones de la alternativa 1 (Elaboración propia)

Actividad	Superficie (m <sup>2</sup> )
Recepción y descarga	336
Cámara de campo	750
Volcado de cajas	524
Lavado	126,5
Secado	126,5
Destriado	126,5
Calibrado	126,5
Envasado	2102
Almacén y recepción de cajas	750
Paletizado	514
Cámaras producto final y expedición	1100
Túnel de enfriado	60
Oficinas	100
Vestuarios	160
Comedor	100
Sala de reuniones	50
Laboratorio	50
Total	7102

En primer lugar, se puede comprobar que todas las secciones cumplen con los requisitos de superficie. Explicando, siguiendo el flujo del producto, nos encontramos con la recepción y descarga, donde los muelles están situados en la parte lateral. Se observa también que la parte de recepción conecta tanto con las cámaras de campo como con el volcado de cajas.

Pasando a la parte productiva, el producto sigue un recorrido en forma de “U” hasta llegar a la parte de envasado. La parte de envasado se encuentra en la parte superior y la de paletizado está situada justo debajo de esta. Envasado y paletizado son dos actividades diferenciadas, pero se encuentran en una superficie común.

Pasando a la parte de almacenamiento, los tres tipos de almacenes se encuentran en la parte baja de la nave. Los muelles de la expedición y de cajas se sitúan en el lado inferior. En cuanto la ubicación de las cámaras de producto terminado, se situarían en la parte izquierda del área asignada. La expedición del producto se realizaría a través de un pasillo que iría desde la zona de paletizado hasta los muelles.

Por último, la parte de servicios auxiliares se ha colocado en la esquina superior derecha, situando el comedor y el laboratorio limitando con la zona de envasado, y los vestuarios en una parte más inferior.

Las ventajas que presenta esta primera configuración son las siguientes:

- Fácil accesibilidad entre las cámaras de campo y el volcado, aprovechando la zona de recepción.
- Las zonas de destriado y calibrado se encuentran en un borde de la nave, lo que facilita la extracción del producto no válido de esos procesos.
- La zona de producción correspondiente a las secciones de envasado y paletizado presenta forma rectangular, posibilitando la colocación de las 5 líneas de envasado de forma paralela.
- Buena accesibilidad en la parte de paletizado entre las tres secciones involucradas.

En cuanto a los inconvenientes que presenta:

- Al tener el acceso a los muelles en dos caras, se tendrá que señalar mejor el movimiento de camiones para evitar cruces.
- En la parte productiva, el producto al seguir el recorrido en “u” hace que se reduzca el movimiento en esas secciones, siendo más compleja la accesibilidad a máquinas y componentes.
- La cámara de campo cuenta con una superficie bastante mayor a la calculada. Podría haberse destinado mayor superficie a otras secciones como las auxiliares.
- La disposición de la cámara final hará que el producto se tenga que almacenar a lo largo, aumentando los recorridos tanto a la hora de almacenar como en la expedición.

## 7.2. Alternativa 2

Esta segunda configuración sigue la misma estructuración que la primera. Igualmente se han agrupado las áreas con tareas comunes y consecutivas. Sin embargo, si existen pequeñas modificaciones con respecto a la primera que sería importante resaltar.

En primer lugar, se muestra el diseño generado junto con las superficies de las secciones:

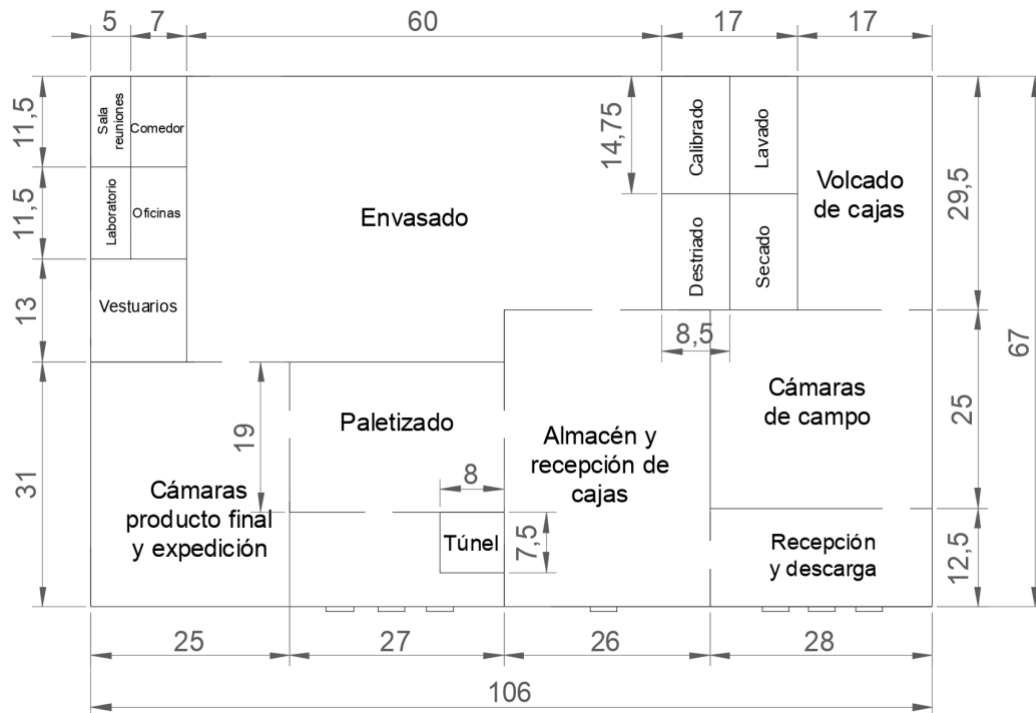


Figura 7.2. Alternativa 2 (Elaboración propia)

Tabla 7.2. Dimensiones de las secciones de la alternativa 2 (Elaboración propia)

Actividad	Superficie (m <sup>2</sup> )
Recepción y descarga	350
Cámara de campo	700
Volcado de cajas	501,5
Lavado	125,375
Secado	125,375
Destriado	125,375
Calibrado	125,375
Envasado	2108
Almacén y recepción de cajas	804
Paletizado	513
Cámaras producto final y expedición	1132
Túnel de enfriado	60
Oficinas	80,5
Vestuarios	156
Comedor	80,5
Sala de reuniones	57,5
Laboratorio	57,5
Total	7102

La primera diferencia que se observa con respecto a la primera alternativa es que en este caso todos los muelles se encuentran en la parte inferior de la nave. Se ha situado la recepción de tal forma que los camiones puedan descargar por esa parte.

El siguiente punto donde se observa diferencia es en la colocación de la cámara de campo. En este caso, se ha situado arriba de la recepción. Esto provoca que el volcado de cajas quede arriba y no tenga contacto con la primera sección. Es importante colocar bien las cámaras para que el movimiento de palés a la zona de producción sea lo más eficiente posible.

De igual manera la primera zona de producción sigue un recorrido en “u”, pero en este caso, las áreas están invertidas. La segunda parte correspondiente al envasado sigue siendo muy similar.

Llegando a la parte de paletizado y expedición, se ha configurado de tal forma que las cámaras quedan en la parte izquierda del paletizado y la parte de expedición y el túnel se sitúan justo debajo. Esta mejor estructuración favorecerá el movimiento y reducirá los tiempos.

Por último, en cuanto a las zonas auxiliares, se ha alternado de lugar el laboratorio con las oficinas, situando ahora estas al lado del envasado.

Como se observa, todas las secciones cumplen con la superficie mínima requerida. En cuanto a las principales ventajas de esta configuración destacan:

- Todas las tareas de carga y descarga se realizan en el mismo lado de la nave al tener todos los muelles ubicados ahí.
- La parte productiva correspondiente al envasado y paletizado presenta buena configuración para poder colocar las 5 líneas de envasado.
- La zona de paletizado se encuentra bien ubicada entre las cámaras de producto final y el almacén de cajas, haciendo que las tareas de preparación y expedición se puedan realizar rápidamente.

Y en cuanto a los inconvenientes, nos encontramos con los siguientes:

- Dificil accesibilidad a la cámara de campo por parte de la sección de recepción y de volcado de cajas, provocando que parte de la superficie de la sección de la cámara se tenga que ver reducida para posibilitar ese movimiento de producto.
- La zona de destriado no se encuentra en el borde de la nave, por lo que las mermas salientes de esta operación deberán transportarse por la zona de calibrado hasta poder expulsarlas.
- El laboratorio no se sitúa al lado del envasado, por lo que si alguien tiene que acudir a esa sección deberá pasar por las oficinas.
- En general, el acceso entre servicios auxiliares está muy limitado, teniendo que rodear en algunos casos.

### 7.3. Alternativa 3

Esta tercera configuración se ha diseñado de tal forma que exista una diferenciación entre secciones en función de las actividades comunes que realicen en la empresa. De esta forma se han separado en tres secciones. La primera sección es la de almacenamiento del producto y la de descarga y carga del mismo. En segundo lugar, nos encontramos con la zona productiva, que abarca toda la parte superior de la nave. Por último, los servicios auxiliares se han colocado a lo largo de la parte izquierda.

Se ha intentado que la zona de producción haga que el producto siga una línea continua en su recorrido, evitando las curvas al cambiar de sección como ocurría en las dos primeras configuraciones. También se quiere que la sección de paletizado se encuentre entre los dos almacenes, el de cajas y la cámara final.

Teniendo en cuenta los detalles mencionados, se muestra el diseño obtenido y la tabla con las superficies de cada sección:

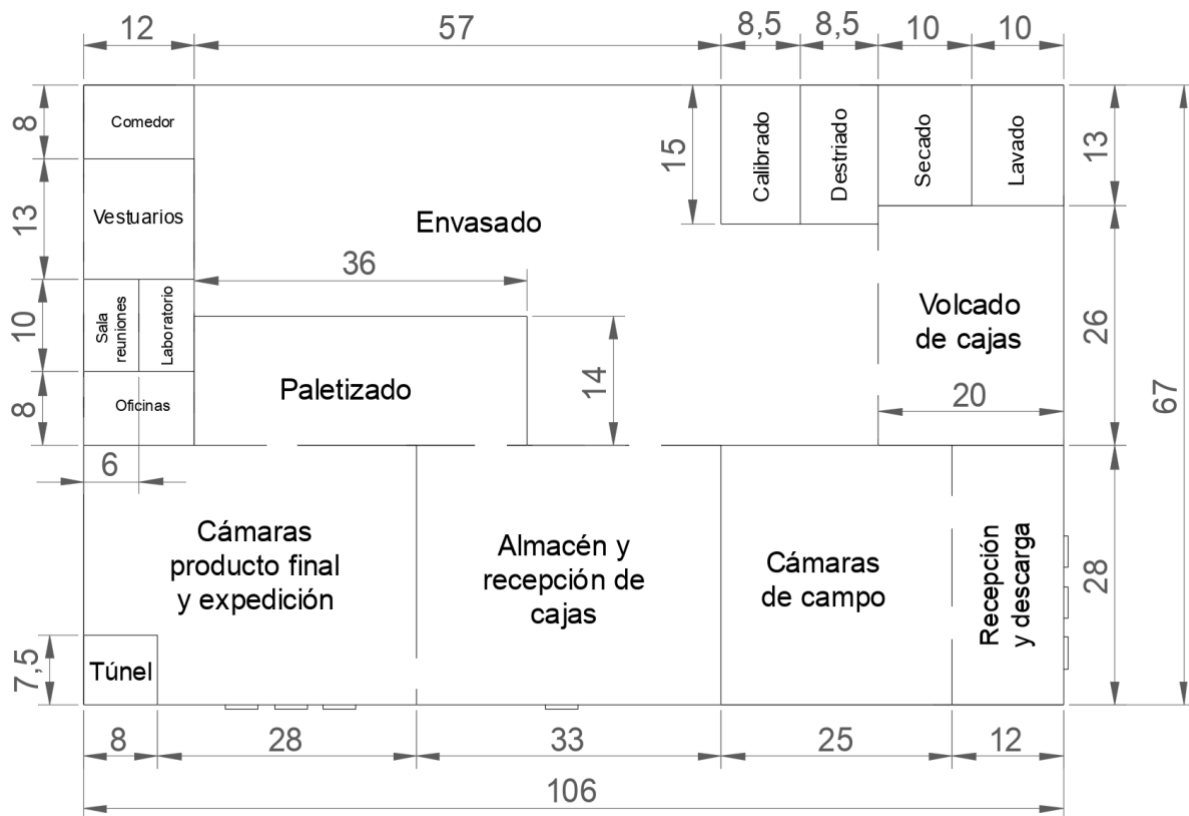


Figura 7.3. Alternativa 3 (Elaboración propia)

Tabla 7.3. Dimensiones de las secciones de la alternativa 3 (Elaboración propia)

Actividad	Superficie (m <sup>2</sup> )
Recepción y descarga	336
Cámara de campo	700
Volcado de cajas	520
Lavado	130
Secado	130
Destriado	127,5
Calibrado	127,5
Envasado	2127
Almacén y recepción de cajas	812
Paletizado	504
Cámaras producto final y expedición	1060
Túnel de enfriado	60
Oficinas	96
Vestuarios	156
Comedor	96
Sala de reuniones	60
Laboratorio	60
Total	7102

En primer lugar, se ha vuelto a colocar la recepción de producto de la misma forma que en la primera alternativa. Aunque se empleen muelles por dos lados, resulta más beneficioso colocar la recepción de tal forma que conecte con el volcado de cajas, y así no tener que emplear espacio de las cámaras para el movimiento de palés.

Como se observa, se han colocado los almacenes a la misma altura para que quede el espacio cuadrado para la zona de producción. Otro aspecto importante que se ha modificado es después de la parte del volcado de cajas. En este caso se han colocado las secciones de forma seguida, evitando curvas.

En la zona de la expedición, tanto el espacio para la carga del camión como para la ubicación de las cámaras de producto terminado se han diseñado de forma cuadrada. En las otras alternativas, aunque formaban una parte común, se apreciaba como la parte de la expedición estaba apartada y la geometría era diferente. En este caso, al ser cuadrada se puede aprovechar mejor el espacio diseñando un pasillo central que desemboque en el muelle de expedición.

Por último, la zona auxiliar, se ha intentado que todas las actividades enlazaran con la zona de envasado, para que de esta manera se pueda acceder a ellas pasando por esta sección y no tener que hacer rodeos ni atravesar otras secciones.

Con todo esto se resaltan las principales ventajas:

- Fácil accesibilidad entre las cámaras de campo y el volcado, aprovechando la zona de recepción.
- Las actividades de lavado, secado, destriado y calibrado se encuentran alienadas, mejorando el flujo del producto y evitando recorridos innecesarios.
- Las actividades de destriado y calibrado se encuentran en el límite de la nave, haciendo que la expulsión de las mermas sea más manejable.
- Buena comunicación entre el paletizado, el almacén de cajas y la cámara de producto final, desembocando en un ahorro en los tiempos de preparación del producto.
- Es la configuración que mayor superficie destina a los servicios auxiliares.
- Las secciones auxiliares están ubicadas de una forma que casi todas dan a la zona de producción y al exterior de la nave. Esto consigue un mejor acceso a ellas.

En cuanto a los inconvenientes de esta configuración, nos encontramos con los siguientes:

- Mayor cantidad de maniobras al tener muelles en dos caras de la nave.
- En la primera zona de producción, las secciones están muy próximas, por lo que puede haber saturación de espacio.
- Pequeña dificultad a la hora de colocar la línea de envasado debido a que la superficie no es totalmente rectangular.

#### 7.4. Alternativa 4

Se procede a presentar detalladamente la última alternativa generada en este trabajo. Esta cuarta configuración es una combinación de la tercera con las dos primeras. Se observará como la primera parte sigue un esquema parecido a la segunda en mayor medida, y como la parte final es equivalente a la tercera alternativa propuesta. En la parte de producción es donde se encuentran aspectos diferentes a las anteriores, que se explicarán con detalle una vez mostrada la figura. A continuación, al igual que con las otras tres, se muestra el diseño y la tabla con las superficies de cada sección:

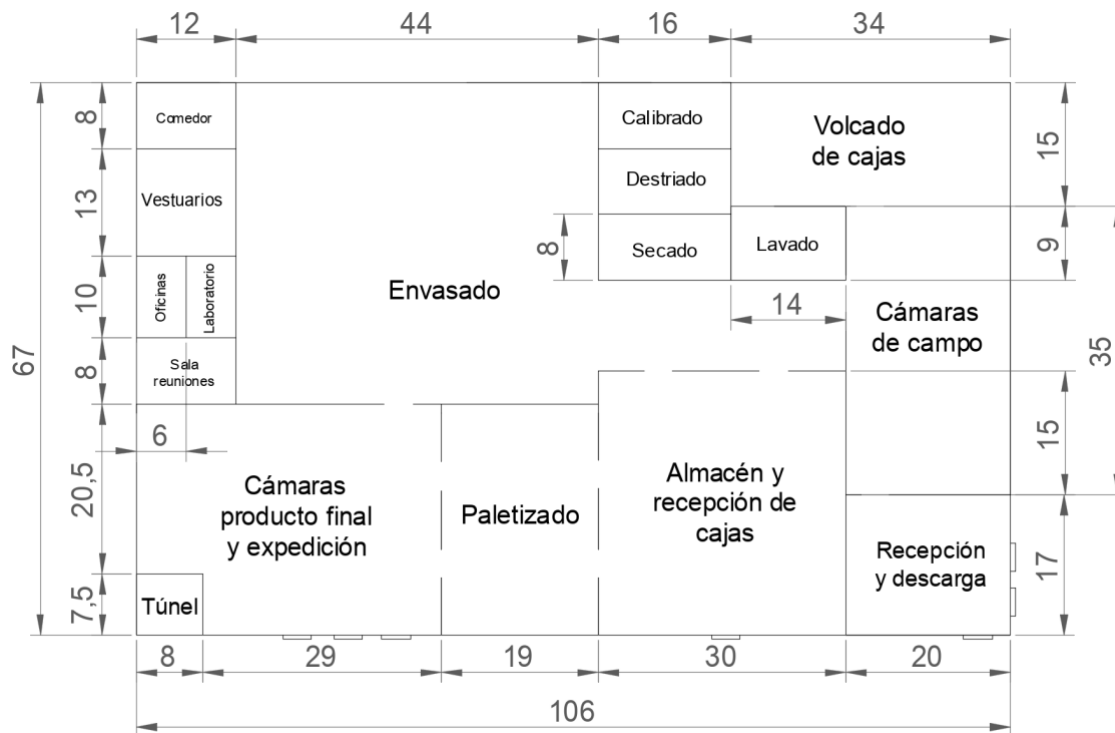


Figura 7.4. Alternativa 4 (Elaboración propia)

Tabla 7.4 Dimensiones de las secciones de la alternativa 4 (Elaboración propia)

Actividad	Superficie (m <sup>2</sup> )
Recepción y descarga	340
Cámara de campo	700
Volcado de cajas	510
Lavado	126
Secado	128
Destriado	128
Calibrado	128
Envasado	2166
Almacén y recepción de cajas	784
Paletizado	532
Cámaras producto final y expedición	1032
Túnel de enfriado	60
Oficinas	96
Vestuarios	156
Comedor	96
Sala de reuniones	60
Laboratorio	60
Total	7102



Como se ha mencionado, se aprecia esa combinación de alternativas en varios detalles. El primero, las secciones de recepción, de las cámaras de campo y del volcado de cajas, cuyo emplazamiento es idéntico al segundo, con la particularidad de que los muelles están en ambas caras.

La parte final, referente al lado izquierdo es equivalente a la tercera alternativa. Tanto los servicios auxiliares como las cámaras de producto final y expedición cuentan con esas mismas dimensiones.

Ya en la parte central, la de producción, es donde se aprecian los principales aspectos diferenciadores. Tras el volcado, la parte de lavado viene justo debajo. Luego, las demás secciones si forman una línea. Sin embargo, se deja un pequeño hueco debajo de las secciones de lavado y secado. Este espacio no es muy relevante y se empleará para el movimiento de palés de cajas desde el almacén auxiliar. En cuanto a la parte de envasado, al tener forma cuadrada, se podrían colocar las líneas tanto a lo largo como a lo ancho. Preferiblemente se situarían de arriba abajo, ya que el paletizado está es la parte inferior, y de la otra forma se perdería mucho tiempo en desplazamientos.

Pasando a las ventajas de esta configuración, nos encontramos las siguientes:

- Mayor aprovechamiento de la parte de recepción al contar con muelles en los dos lados.
- La zona de producción está más compacta, favoreciendo la circulación.
- La sección de paletizado se encuentra muy bien ubicada entre los dos almacenes.
- Las secciones auxiliares están ubicadas de una forma que casi todas dan a la zona de producción y al exterior de la nave. Esto consigue un mejor acceso a ellas.

En cuanto a los inconvenientes:

- Se cuenta con el problema mencionado de tener muelles en dos lados.
- Surge el problema de la alternativa dos donde hay que formar un pasillo en el espacio de la cámara para poder transportar los palés hacia la primera zona de producción.
- Se vuelve a tener el problema de las mermas en el calibrado, teniendo que transportarlas por otra sección.
- Hay un cierto espacio en el envasado que puede que no se aproveche.
- Existe poca longitud de contacto entre el envasado y el paletizado, pudiendo originarse atascos a la entrada de esta.

## 7.5. Selección de la alternativa

Una vez mostrados los cuatro diseños de distribución en planta, hay que evaluar cada una en base a unos criterios comunes con el fin de seleccionar e implantar la mejor. El método que se va a emplear es el AHP. El primer paso para la implementación del AHP es la definición de los criterios con los que se van a evaluar las alternativas.

### 7.5.1. Criterios de selección

Para la selección de los criterios se han tenido en cuenta aspectos vitales cuantitativos y cualitativos que puedan influir positiva o negativamente en cada alternativa. Los criterios elegidos son:

1. Flujo del producto dentro del proceso: es el recorrido que va a llevar el producto desde que entra y es almacenado, hasta que sale del muelle de expedición. Se premiará a la configuración que tenga un flujo más continuo, sin exceso de movimientos y traslados.
2. Acceso a las diferentes áreas: consiste en comprobar como están conectadas las secciones entre sí, y lo fácil o no que sería ir de una hacia otra si se necesitara.
3. Capacidad de almacenaje: superficie total que tiene cada configuración para albergar tanto el producto como el material auxiliar.
4. Movimientos internos: movimientos de personal y equipos que no están relacionados con añadir valor al producto. Se trata pues de ver si existen puntos del diseño donde acceder es costoso y donde se pierde mucho tiempo debido a desplazamientos.
5. Espacio destinado a servicios auxiliares: superficie de la planta que va dirigida a las secciones de oficinas, vestuarios, sala de reuniones, comedor y laboratorio.

#### 7.5.2. Ponderación de criterios

Una vez representados los criterios, teniendo claro el objetivo, se procede a obtener la ponderación de los criterios. A partir de la escala de ponderación, se va a generar la matriz de comparaciones pareadas (o matriz de prioridades), dando valores a cada criterio en comparación con los demás.

Recordando la escala de valores:

*Tabla 7.5. Escala de valores según importancia relativa de criterios (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020)*

1	Igual importancia
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios

Se introducen los valores de comparación de los criterios en la siguiente matriz, quedando el resultado de la siguiente forma:

*Tabla 7.6. Matriz de prioridades obtenida (Elaboración propia)*

	Flujo del producto	Accesos	Cap. Almacenaje	Mov. internos	Servicios auxiliares
Flujo del producto	<b>1</b>	5	1/3	3	4
Accesos	1/5	<b>1</b>	4	2	2
Cap. Almacenaje	3	1/4	<b>1</b>	3	2
Mov. internos	1/3	1/2	1/3	<b>1</b>	3
Servicios auxiliares	1/4	1/2	1/2	1/3	<b>1</b>

Y a partir de esta matriz se obtienen los valores de los pesos específicos de cada criterio:

Tabla 7.7. Pesos obtenidos en los diferentes criterios (Elaboración propia)

Criterios	Pesos (%)
Flujo del producto	30,4%
Accesos	22,4%
Cap. Almacenaje	23,7%
Mov. internos	13,7%
Servicios auxiliares	9,7%

### 7.5.3. Ponderación de alternativas

En este paso se asignan pesos a cada alternativa en función de cada criterio de primer nivel establecido. En este caso, se le atribuye un valor a cada alternativa para cada criterio y se pondera para sacar su peso.

Es importante diferenciar entre dos tipos de criterios. Existen los criterios cuyo objetivo es maximizar su valor. Estos criterios se valoran a partir de una escala propuesta (como por ejemplo del 0 al 10) o mediante valores representativos que se han obtenido de cálculos anteriores. Luego se encuentran los criterios cuyo objetivo es minimizar, porque su impacto es negativo. Estos criterios se valoran a la inversa, y se puede emplear una escala de 0 a 1.

Se muestran y explican los valores y pesos obtenidos de cada alternativa en función de cada criterio.

#### 1. Flujo del proceso

El flujo del proceso se ha tomado como criterio inverso. Esto es debido a que se ha calculado la distancia media que recorre el producto desde que entra en la nave hasta que sale, pasando por las diferentes secciones. Esa distancia se divide entre 1 para dar los siguientes valores:

Tabla 7.8. Evaluación del criterio "Flujo del proceso" (Elaboración propia)

Flujo del producto	Valor (1/m)	Peso
Alternativa 1	0,0046	0,240
Alternativa 2	0,0049	0,256
Alternativa 3	0,0051	0,267
Alternativa 4	0,0046	0,237

#### 2. Accesos

Para el valor de este criterio se han sumado el número de accesos existentes entre las diferentes secciones, además de sumar todas las secciones auxiliares que se encuentran conectadas con la sección de envasado.

Tabla 7.9. Evaluación del criterio "Accesos" (Elaboración propia)

Accesos	Valor (nº)	Peso
Alternativa 1	12	0,250
Alternativa 2	11	0,229
Alternativa 3	12	0,250
Alternativa 4	13	0,271

### 3. Capacidad de almacenaje

En este criterio se han sumado los metros cuadrados destinados a almacenes. En las secciones donde la superficie es la suma del almacén más la zona de recepción/expedición se les ha descontado el valor correspondiente a esas operaciones.

Tabla 7.10. Evaluación del criterio "Capacidad de almacenaje" (Elaboración propia)

Capacidad de almacenaje	Valor (m <sup>2</sup> )	Peso
Alternativa 1	2250	0,256
Alternativa 2	2211	0,252
Alternativa 3	2222	0,253
Alternativa 4	2101	0,239

### 4. Movimientos internos

Este criterio, al igual que el del flujo del proceso, es de tipo inverso. Los valores obtenidos son una estimación de los desplazamientos más importantes que realizan los operarios durante el transcurso de su jornada laboral.

Tabla 7.11. Evaluación del criterio "Movimientos internos" (Elaboración propia)

Movimientos internos	Valor (1/m)	Peso
Alternativa 1	0,0037	0,261
Alternativa 2	0,0036	0,251
Alternativa 3	0,0035	0,245
Alternativa 4	0,0035	0,243

### 5. Servicios auxiliares

El valor obtenido para este criterio es la superficie destinada a esos servicios auxiliares.

Tabla 7.12. Evaluación del criterio "Servicios auxiliares" (Elaboración propia)

Servicios auxiliares	Valor (m <sup>2</sup> )	Peso
Alternativa 1	460	0,252
Alternativa 2	432	0,236
Alternativa 3	468	0,256
Alternativa 4	468	0,256

#### 7.5.4. Valoración final y selección de la alternativa

Una vez evaluados todos los criterios y obtenidos los pesos para cada uno de ellos, se realiza la ponderación final de todos los pesos relativos para cada criterio con los pesos globales.

Cada criterio anterior ha dado un peso específico a cada alternativa. Se coloca en cada columna un criterio y para cada alternativa se va situando ese peso específico calculado. Encima de las alternativas se sitúa una fila con el peso global. Es el obtenido en la tabla 7.7. para cada criterio (cuando se evaluaron entre ellos).

El valor final se obtiene de la suma de multiplicar cada peso global del criterio con el peso específico de cada alternativa. La alternativa con el valor final más alto será la ganadora. El resultado es el siguiente:

	Flujo del producto	Accesos	Cap. de almacenaje	Mov. internos	Servicios auxiliares	Valor final
<b>Peso global</b>	0,304	0,224	0,237	0,137	0,097	1
Alternativa 1	0,24	0,25	0,256	0,261	0,252	0,250
Alternativa 2	0,256	0,229	0,252	0,251	0,236	0,246
Alternativa 3	0,267	0,25	0,253	0,245	0,256	0,256
Alternativa 4	0,237	0,271	0,239	0,243	0,256	0,248

Tabla 7.13. Resultados del análisis AHP (Elaboración propia)

Tras el análisis AHP y tras los resultados obtenidos en la Tabla 7.14, se comprueba que la alternativa que mejor se adapta y, por tanto, es la seleccionada, es la Alternativa 3. Una vez seleccionada la alternativa, el siguiente punto será la realización de un planteamiento detallado de esta.

Cabe mencionar que la selección de estos criterios ha sido en base a diferencias entre las alternativas.

## 8. DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE LA SELECCIÓN PROPUESTA

### 8.1. Introducción

Una vez elegida la alternativa 3 como la vencedora, el siguiente punto consiste en realizar un planteamiento detallado de todas las partes de la planta. Este punto corresponde a la fase 4 de la metodología S.L.P.

El objetivo de este estudio detallado es determinar el emplazamiento de las máquinas individuales que componen cada sección de producción, así como establecer la configuración de los almacenes, especificando su organización y como va a moverse el producto en su interior.

Durante el desarrollo de esta fase, irán surgiendo diferentes disposiciones en cada actividad. Por lo tanto, es lógico realizar ajustes dentro del marco de las limitaciones prácticas. Asimismo, habrá que tener en cuenta los caminos por donde circula el producto, los materiales y los operarios, para que de esta manera todas las actividades sean accesibles y permita a los operarios realizar los trabajos y las acciones correspondientes de manera correcta.

Este diseño en detalle no se puede llevar a cabo en una actividad concreta, sin tener en cuenta las demás, ya que están ligadas. De esta manera, es más recomendable realizar planteamientos de forma agrupada, por secciones. La sección de producción se diseñará en conjunto, al tratarse de una línea de producción y contar con hasta 6 actividades. En cuanto a la zona de almacenamiento, se establecerán las ubicaciones exactas de cada cámara, con su capacidad y la estructuración interna por bloques de cada una. En las zonas de recepción y expedición se ubicarán los pasillos. Por último, en las áreas auxiliares se fijarán elementos necesarios en cada una y rutas de acceso entre ellas.

### 8.2. Distribución de los almacenes

Mediante la superficie destinada para cada almacén, se representarán la distribución de la capacidad que puede albergar y se comprobará que cumple con las especificaciones que se calcularon en el apartado 5.

#### 8.2.1. Recepción y cámara de campo

En la zona de recepción se han colocado los tres muelles que se calcularon. En cuanto al almacenamiento, se han colocado dos cámaras de campo cuyas dimensiones y distribución aparecen en la siguiente figura:

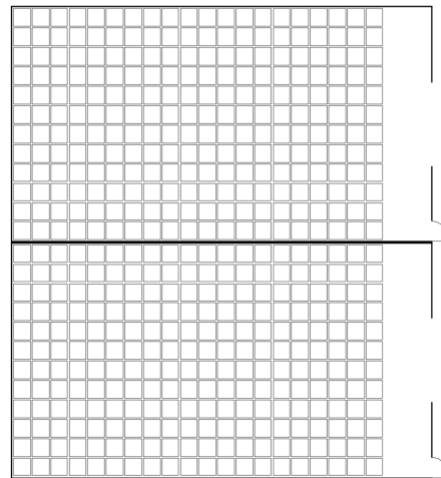


Figura 8.1. Representación de la distribución de las cámaras de campo (Elaboración propia)

Estas dos cámaras tienen una capacidad máxima de 240 bloques cada una. Hacen un total de 480 bloques, que equivalen a 1440 palés de campo. Cumple de sobra con las especificaciones calculadas.

En cuanto a los accesos, cada cámara tiene su puerta principal por donde se realiza el tránsito de palés. A parte, cada una cuenta con una puerta de pie para el acceso del operario

#### 8.2.2. Almacén de producto auxiliar.

El espacio destinado en el diseño correspondía a la suma del almacén de cajas y a la parte de recepción de estas y de los desplazamientos hacia la zona de paletizado. Se han planteado dos configuraciones de bloques posibles de esta zona, con fin de conocer cuál sería más provechosa.

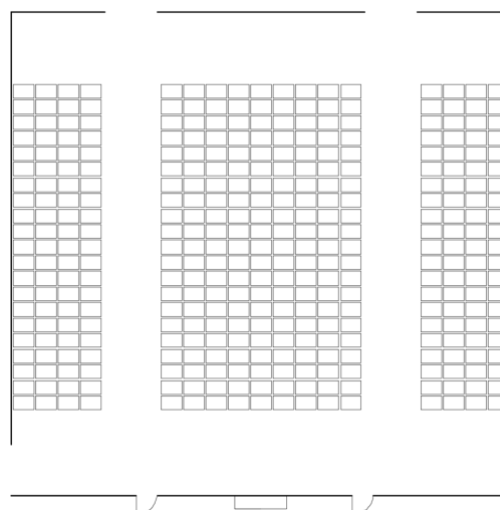
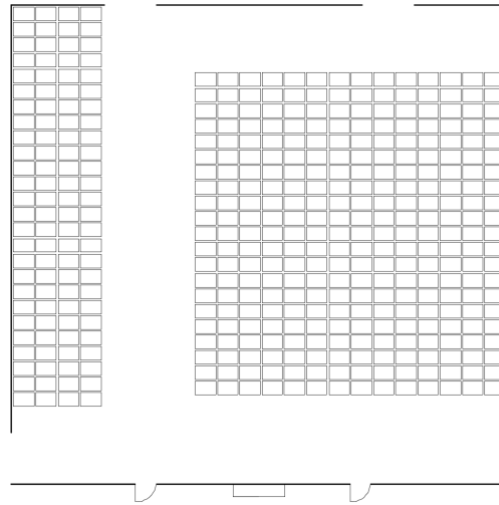


Figura 8.2. Primera distribución del almacén auxiliar (Elaboración propia)



*Figura 8.3. Segunda distribución del almacén auxiliar (Elaboración propia)*

Observando las dos figuras, se aprecian varias diferencias. La primera configuración cuenta con dos pasillos que conectan la recepción con la zona de producción, mientras que la segunda configuración solo cuenta con uno de ellos. Si bien es cierto que en la segunda configuración se pueden agrupar mayor cantidad de bloques, el número total de palés que hay en ambas es bastante superior al mínimo. Por lo tanto, no es necesario aprovechar más el espacio y si premiar el desplazamiento y la accesibilidad. Es por eso que la primera configuración es más completa y, en consecuencia, la seleccionada.

### 8.2.3. Expedición y cámara de producto final

La última superficie destinada al almacenamiento es la zona correspondiente a la cámara de producto final, túnel de enfriado y expedición de los productos. Esta zona es la que mayor cantidad de palés va a albergar, y por lo tanto será necesario aprovechar lo mejor posible el espacio. La forma más correcta de aprovecharlo sería la que se representa en la siguiente figura:



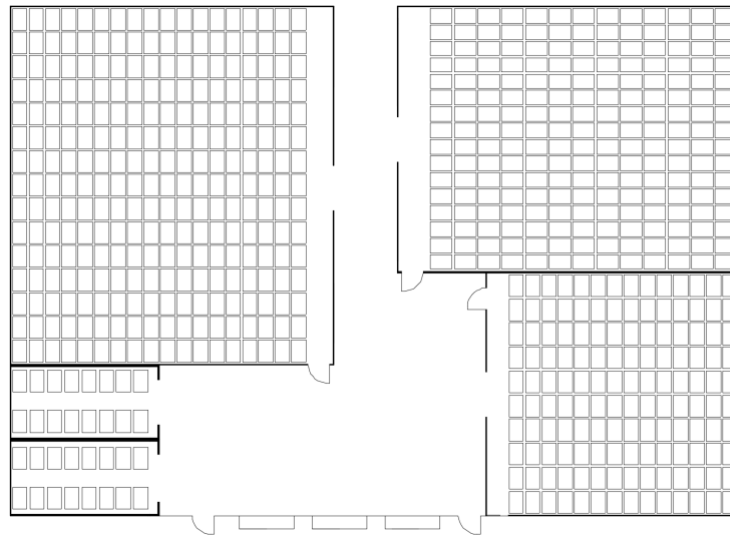


Figura 8.4. Distribución de las cámaras de producto final (Elaboración propia)

(Explicar los elementos representados)

Como se observa, se han introducido 3 cámaras más el túnel. Se ha dejado un pasillo central de entrada y salida de producto a las cámaras. También se ha dejado el espacio suficiente requerido para las tareas de expedición del producto. Con todo esto, se consigue que la suma de las tres cámaras más la del túnel den un total de 650 bloques (recordando que los requerimientos eran de 630).

Con respecto a los accesos, se han diseñado de la misma forma que en las cámaras de campo. Se ha colocado una puerta central en cada cámara y en cada túnel donde los carretilleros pueden acceder. Además, se ha instaurado en cada cámara una puerta para el acceso de operarios.

### 8.3. Distribución de la línea de producción

La línea de producción comienza con el volcado de cajas, que será la primera sección en hacer la distribución. Luego viene todo el proceso de tratamiento hasta terminar con el envasado y la zona de paletización. En cada sección se describirán detalladamente las máquinas y su colocación en la superficie

#### 8.3.1. Volcado de cajas

En la parte del volcado de cajas, el espacio se emplea para el transporte y acopio de los palés en la línea. Una vez colocados por los carretilleros, se vierten las cajas con el producto. El primer paso de la línea es la separación del producto válido y de lo inservible (hojas, tallos, ramas).

Se distinguen en esta parte los siguientes elementos representados por números:

1. Hueco destinado a la carretilla.
2. Zona de volcado de cajas, donde se vierte el producto.

3. Línea donde se separa el producto de la hoja.

La colocación de los elementos ha sido la siguiente:

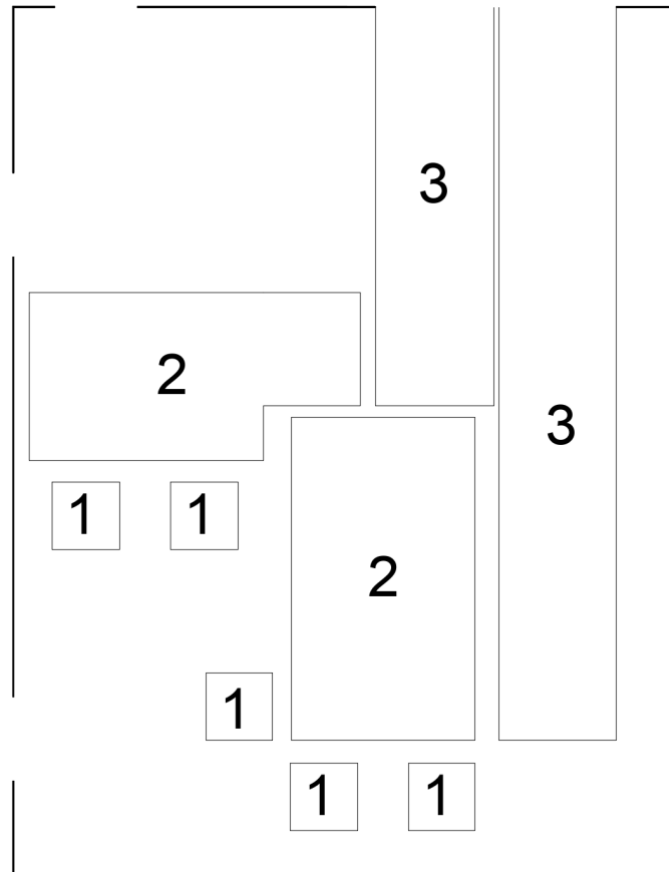


Figura 8.5. Distribución de la zona de volcado de cajas (Elaboración propia)

Como se puede observar, cuenta con 3 accesos. Dos de ellos son a la zona de envasado, y el tercero es a la zona de tratamiento y clasificación. También se puede mencionar que, aunque forma parte de la parte de producción, es una sección separada por muros.

8.3.2. Zona de tratamiento y envasado

Esta zona comprende 6 secciones diferentes, pero que forman parte de un espacio común. La línea llegada de la operación de volcado atraviesa las cuatro áreas siguientes (lavado, secado, destriado y calibrado), hasta llegar a la zona de envasado.

Una vez en esta zona, se divide en 5 subsecciones, las correspondientes a cada tipo de envasado. Por último, las unidades completadas de cada subsección se agruparán y se agruparán en palés.

Se muestran a continuación, las distribuciones de cada sección:

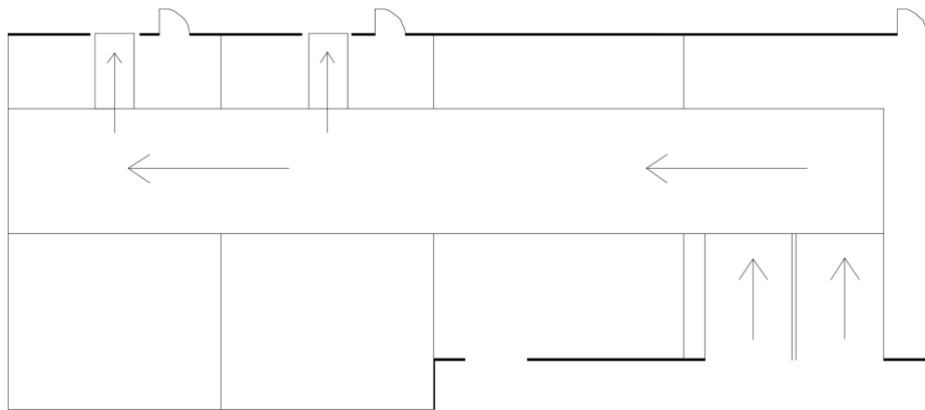


Figura 8.6. Distribución de la zona de tratamiento y clasificación del producto (Elaboración propia)

En la figura se aprecia (a través de las flechas) como la línea entra por abajo, desde la zona de volcado y atraviesa las cuatro operaciones. Las flechas representan el sentido del flujo del producto. En cuanto a los accesos, se observa el de la zona de volcado, anteriormente comentado, y los de la parte del destriado y calibrado. Estos corresponden a las mermas que se expulsan fuera de la nave. Se trata de producto en mal estado, con deformaciones o sin ajustarse a la tolerancia de tamaño.

Después de esta parte, se muestran las líneas de envasado:

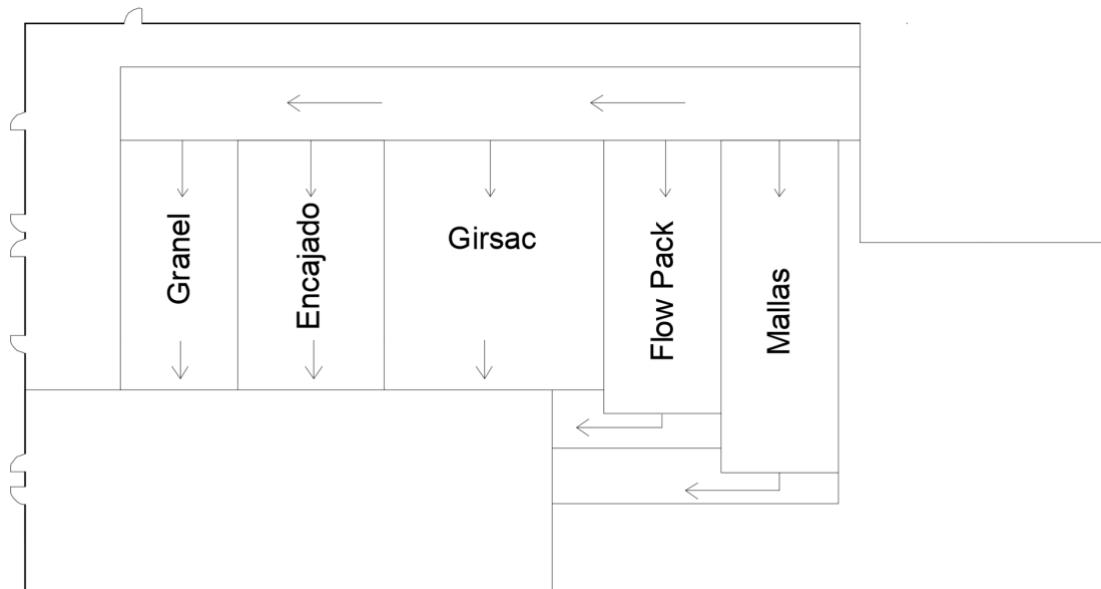


Figura 8.7. Distribución de la zona de envasado y paletizado del producto (Elaboración propia)

El producto sigue el mismo sentido que en la parte anterior y se va clasificando en función de la forma del formato final. Se divide en los cinco tipos de envasado que se explicaron anteriormente. Al terminar la línea de cada uno se dirigen al espacio de abajo que corresponde con el paletizado, donde se apilan en europalés y quedan a la espera de ser almacenados en las cámaras finales.

Se observa que los accesos son los que se han mencionado al mostrar las otras partes a excepción de los de la parte de la izquierda. Estos corresponden a los de la parte de servicios auxiliares. Además, cuenta con una puerta en la parte superior.

#### 8.4. Distribución de los servicios auxiliares

Para esta parte de la planta se han definido los accesos de cada sección y una hipotética distribución de los principales elementos que tendrían. El resultado es el siguiente:

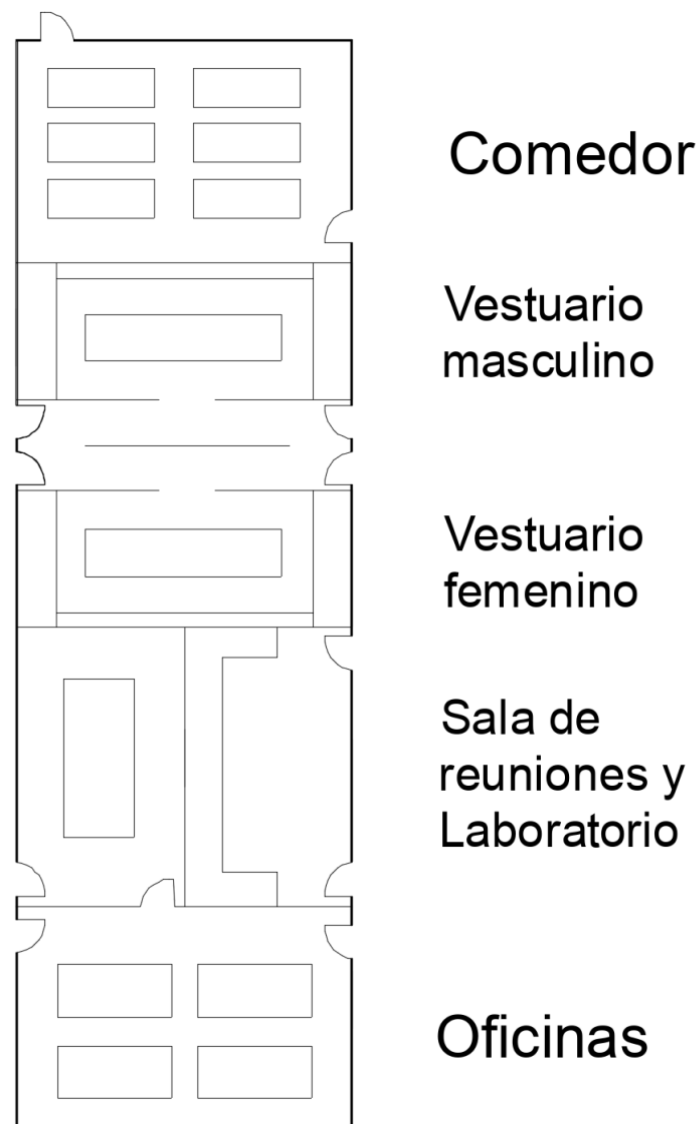


Figura 8.8. Distribución de los servicios auxiliares (Elaboración propia)

Comenzando por el comedor, este tiene un acceso desde el exterior y otro desde el interior. Se ha distribuido en mesas de unos 5m<sup>2</sup>. Después se tienen los vestuarios. El espacio destinado a este servicio se ha dividido en dos, uno masculino y otro femenino. El acceso es común a ambos. Dentro se ha dejado espacio para aseos, duchas y taquillas. El acceso es igual que en el comedor, tanto desde fuera como de dentro.

A continuación, nos encontramos con el laboratorio y la sala de reuniones. El laboratorio solo tiene acceso desde el interior de la nave, mientras que a la sala de reuniones se puede acceder desde las oficinas o desde el exterior de la nave.

Por último, se tienen las oficinas. Tienen igualmente doble acceso como comedor y vestuarios. Se han distribuido en cuatro grandes espacios.

### 8.5. Representación completa de la planta

Una vez expuesto el diseño de cada sección de la planta, se representa el diseño completo del resultado final de la planta. En él, las líneas discontinuas indican secciones separadas debido a que realizan tareas diferentes, pero en la realidad no presentan separación física alguna. Esa separación física se representa mediante la línea de color gruesa.

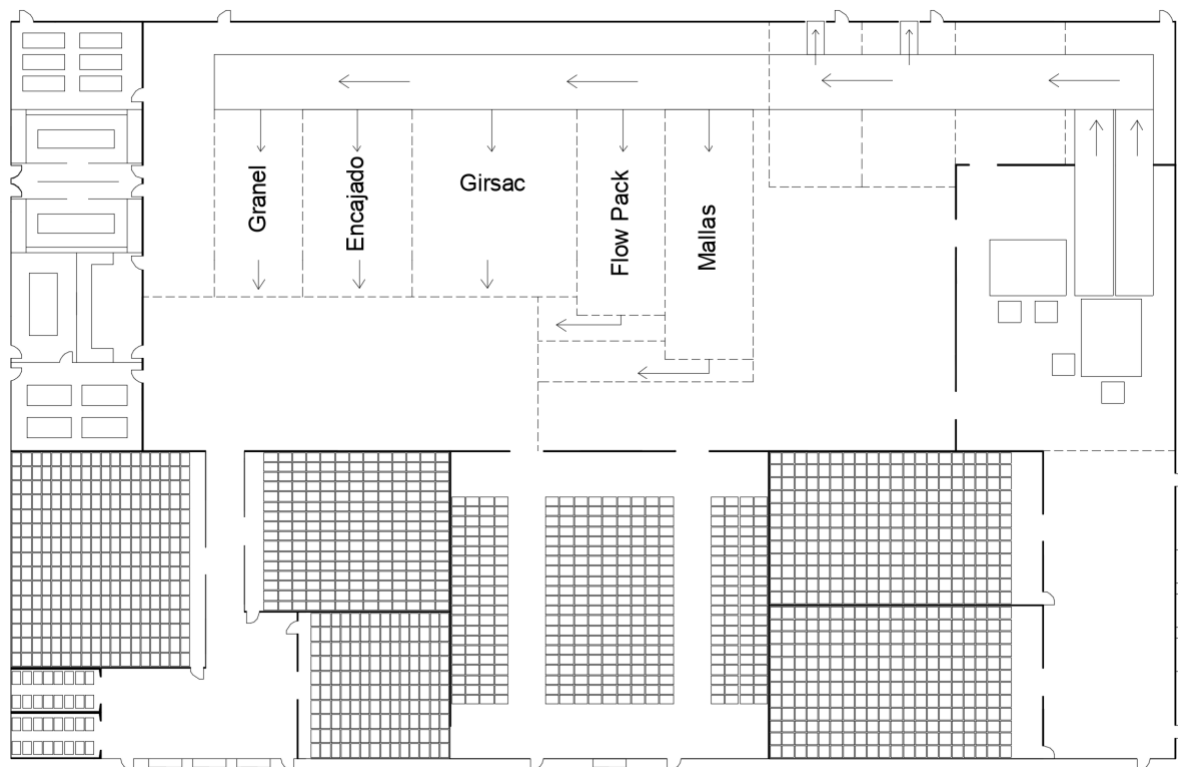


Figura 8.9. Representación de la planta completa (Elaboración propia)

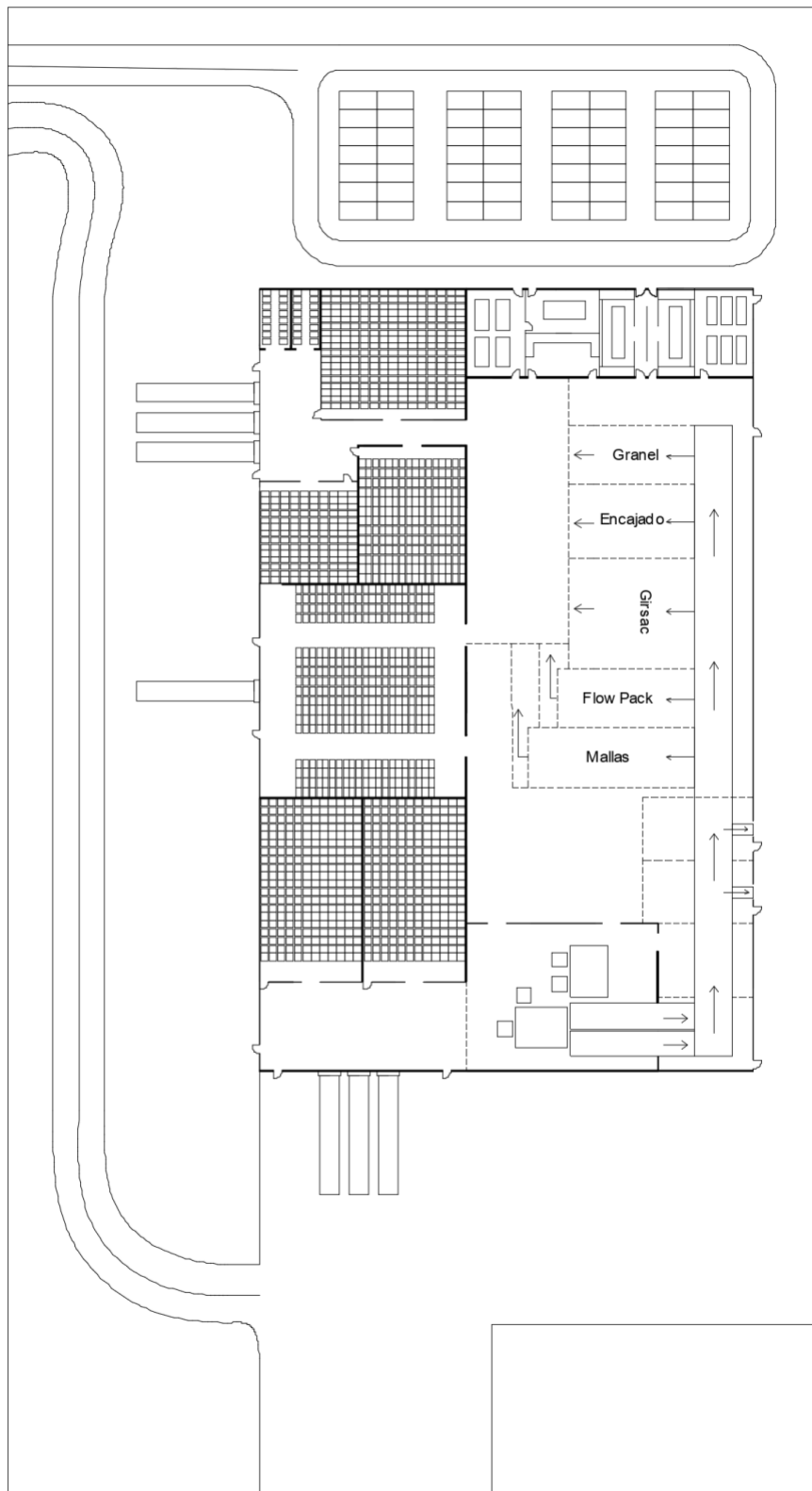


Figura 8.10. Representación de la planta con los accesos de vehículos (Elaboración propia)

## 9. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En este apartado se van a exponer todas las partidas que comprenden el presupuesto total de ejecución del proyecto. Inicialmente se propuso hacer un estudio de viabilidad, pero se observó que no era relevante por motivos estratégicos y porque la planta no era de nueva construcción.

### 9.1. Obra civil

La obra civil comprende todas las actividades relacionadas con la ejecución de la infraestructura y de la nave propiamente dicha. La obra civil se va a desglosar en 14 partidas que se comentarán a continuación, con el coste de cada una de ellas:

#### 1. Movimientos de tierras

Comprenden las tareas de limpieza, retirada de tierra y vegetales y todo el acondicionamiento del terreno para su posterior cimentación. El subtotal de esta partida asciende a 171.414,50€.

#### 2. Cimentación

La cimentación la componen las acciones de cimentar muros, zapatas y vigas. Además, se cimentarán rampas, escaleras y se establecerá el presupuesto de colocación del depósito enterrado de agua potable. El total de cimentación asciende a 97.182,68€.

#### 3. Estructura

La componen los forjados de placa alveolar prefabricada, la estructura metálica en acero y la estructura metálica de escaleras y de pasarelas peatonales. Su coste es de 281.697,41€.

#### 4. Cubiertas

Se instalarán una cubierta plana transitable, una no transitable y una cubierta de tipo “deck, todas ellas con sus correspondientes accesorios y elementos. El coste asciende a 130.697,88€

#### 5. Cerramientos

Se instalará un panel prefabricado de hormigón para las paredes de las secciones correspondientes y un panel con sándwich y puertas frigoríficos para las cámaras. Además, la fachada contará con un cerramiento en chapa. El total de esta partida es de 210.039,03€

#### 6. Pluviales y residuales

Con respecto a las pluviales, se instalará la red de evacuación de estas aguas junto con el conjunto de sus elementos singulares. Estarán incluidos también los pozos y las arquetas. Su coste es de 43.937,44€.

En cuanto a las residuales, de igual forma. Se instala la red de evacuación junto con sus elementos. El total de esta partida es de 25.503,61€.

Todo ello irá cubierto por una cubierta de saneamiento de coste 14.363,75€. En total, este apartado asciende a 83.804,80€.

#### 7. Soleras, pavimentos industriales

El coste de la solera y de los pavimentos es de 80.785€.

#### 8. Carpintería y cerrajería

Con respecto a la carpintería, se suministrará e instalará una plataforma hidráulica, las puertas de todos los accesos (de madera y metálicas), las ventanas con sus rejillas y las barreras de entrada a la parcela junto con una báscula para camiones. El total es de 22.817,50€.

En la parte de cerrajería, se suministrarán las barandillas, barreras de seguridad y protección y otros elementos de protección. Su coste asciende a los 11.659,80€.

#### 9. Urbanización exterior

La urbanización exterior la componen los muros de contención (un total de 10 muros), las losas de hormigón y los pavimentos industriales. Además, también cuentan con elementos de albañilería (señalización), cerrajería (puertas y verjas), jardinería e infraestructuras. El coste total de esta partida es de 186.178,12€.

#### 10. Caseta pci y bombeo de agua

Esta partida la conforman la estructura de la caseta, junto con elementos de contención, el pavimento de alrededor y la puerta de entrada. Se trata de una sección anexa a la planta que no se refleja en su distribución. El coste es de 5.974,56€.

#### 11. Oficinas

Para la parte de oficinas se emplearán cerramientos, particiones y revestimientos especiales. También se utilizarán elementos de albañilería, carpintería y cerrajería específicos. Una parte importante que se va a emplear es el aislamiento. Se necesita que esta zona esté más aislada que las demás, puesto que es fundamental que no exista ruido para que los trabajadores puedan rendir adecuadamente. El coste de esta partida es de 91.288,15€.

#### 12. Fontanería

Se hará la instalación de fontanería para los cuartos húmedos, esto es para los vestuarios, el comedor y aseos. Se suministrarán e instalarán equipos sanitarios y grifería junto con otro tipo de elementos de equipamiento necesarios. El coste es de 15.719,40€.

#### 13. Sala de reuniones, comedor y laboratorio

De la misma forma que las oficinas requieren un tratado especial. Contarán con una estructura y cimentación diferentes además de elementos de carpintería y revestimientos especiales. Su coste asciende a los 6.361,30€.

#### 14. Caseta de control de accesos

La última partición de la obra civil es la caseta de accesos. Al igual que las otras, cuenta con una estructura y cimentaciones diferenciadas del resto de la nave. Su coste es de 6.567,50€.



En resumen, se tienen los siguientes costes de obra civil, desglosados en las particiones comentadas anteriormente:

*Tabla 9.1. Costes de cada partición correspondientes a la obra civil (Grupotec, 2020)*

Obra civil	Costes (€)
Movimiento de tierras	171.414,50 €
Cimentación	97.182,68 €
Estructura	281.697,41 €
Cubiertas	130.697,88 €
Cerramientos	210.039,03 €
Pluviales y residuales	83.804,80 €
Soleras pavimentos industriales	80.785,00 €
Carpintería y cerrajería	34.477,30 €
Urbanización exterior	186.178,12 €
Caseta pci y bombeo agua	5.974,56 €
Oficinas	91.288,15 €
Fontanería	15.719,40 €
Sala de reuniones, comedor y laboratorio	6.361,30 €
Caseta de control de accesos	6.567,50 €
<b>TOTAL, OBRA CIVIL</b>	<b>1.402.187,63 €</b>

## 9.2. Instalaciones

Es la adquisición e instalación de los aparatos y elementos destinados a cubrir las condiciones de servicio, funcionamiento y habitabilidad de las diferentes secciones que comprenden la planta, para conseguir realizar su función correctamente.

Se tienen diez particiones correspondientes a un tipo de instalación necesaria:

### 1. Instalación de climatización, ventilación y acs

Es la instalación de los equipos de frío y calor, ventiladores y recuperadores, tuberías, aislamientos y accesorios para garantizar las condiciones de temperatura correctas. Además, será necesario instalar equipos de control y gestión. También será necesario hacer una instalación solar térmica. El total de esta instalación asciende a 45.838,50€.

### 2. Instalación eléctrica en media tensión

Habrà que hacer la instalación del centro de transformación, que será de 100 kVa. También se requiere de toda la aparamenta de alta tensión, transformadores y equipos. La línea de media tensión también requerirá de su instalación. El total es de 38.033,10€.

### 3. Instalaciones eléctricas bt

Corresponden con las instalaciones de los cuadros de control de cada sección, de la línea eléctrica y del alumbrado del interior y del exterior de la parcela. También se instalará un pararrayos. El coste de esta instalación es de 229.541,40€.

### 4. Instalación fotovoltaica

Instalación de las placas solares y el cableado necesario. El valor de esta instalación es de 25.081€.

### 5. Instalación de voz y datos

La instalación de estos equipos asciende a 12.020€.

### 6. Instalaciones especiales

Estas instalaciones son la de CCTV, la de megafonía y un videoportero. El coste es de 14.199€.

### 7. Instalación de protección contra incendios

Esta instalación corresponde con el abastecimiento de agua PCI en la parcela junto con la red de distribución. La instalación de protección será con equipos especiales. La instalación de extinción será mediante bocas de incendios, extintores y sistemas de evacuación de humos. El coste es de 43.419,50€.

### 8. Instalación de agua

Comprende toda la acometida, acumulación, bombeo y red de distribución. El coste es de 25.591€.

### 9. Instalación de aire comprimido

Al igual que con la de agua, se realiza la instalación de la red de distribución y la sala de producción de aire. El coste asciende a 40.697,30€.

### 10. Instalación de gasoil

Es la última instalación, con un coste de 8.363,80€.

En la siguiente tabla se ven los costes de las instalaciones y el valor total:

Tabla 9.2. Costes de cada partición correspondientes a las instalaciones (Grupotec, 2020)

Instalaciones	Costes (€)
Instalación de climatización, ventilación y acs	45.838,50 €
Instalación eléctrica en media tensión	38.033,10 €
Instalaciones eléctricas bt	229.541,40 €
Instalación fotovoltaica	25.081,00 €
Instalación de voz y datos	12.020,00 €
Instalaciones especiales	14.199,00 €
Instalación de protección contra incendios	43.419,50 €
Instalación de agua	25.591,00 €
Instalación de aire comprimido	40.697,30 €
Instalación gasoil	8.363,80 €
<b>TOTAL, INSTALACIONES</b>	<b>482.784,60 €</b>

### 9.3. Seguridad y salud

Son el conjunto de medidas y elementos necesarios para el cumplimiento de la normativa de Seguridad y Salud en el trabajo. Según Plan de Seguridad y Salud redactado por la empresa constructora adaptado al Estudio de Seguridad y Salud elaborado por la Dirección Facultativa. El coste asciende a 15.760,30€

### 9.4. Control de calidad

El presupuesto destinado a controles de calidad es de 4.530€.

### 9.5. Gestión de residuos

Para la gestión de residuos se implementarán medidas y elementos necesarios para asegurar la correcta gestión de los residuos de construcción y demolición (RCDs) y residuos de ejecución de instalaciones. El coste asciende a 10.795,20€.

### 9.6. Resumen del presupuesto

Una vez expuestos los costes de cada parte del presupuesto, se representa la suma total de todos ellos

*Tabla 9.3. Representación de los costes totales de presupuesto*

Concepto	Coste (€)	%
Obra civil	1.402.187,63 €	73,2%
Instalaciones	482.784,60 €	25,2%
Seguridad y salud	15.760,30 €	0,8%
Control de calidad	4.530,00 €	0,2%
Gestión de residuos	10.795,20 €	0,6%
TOTAL	1.916.057,73 €	
IVA	21%	
PRESUPUESTO TOTAL	2.318.429,85 €	

El valor final del presupuesto asciende a dos millones trescientos dieciocho mil cuatrocientos veintinueve euros con ochenta y cinco céntimos.

## 10. CONCLUSIONES

Tras la realización de este Trabajo Fin de Máster, las conclusiones principales son las siguientes:

El objetivo principal que se proponía era el de conseguir diseñar una nueva planta de tratamiento de producto frutícola debido al gran crecimiento que había experimentado la empresa en los últimos años. Teniendo ya la localización de la planta, la realización del trabajo se centraba en estudiar el funcionamiento del proceso productivo para proponer una solución de distribución en planta con el fin de optimizar la producción y conseguir alcanzar el objetivo propuesto de demanda fijado en un plazo de 10 años.

El trabajo comenzaba con el cálculo y la obtención de los requerimientos de superficie de almacenamiento de producto. Se han aplicado técnica de gestión de almacenes para obtener resultados lo más realistas posibles. La particularidad de este tipo de sectores es que emplean dos tipos de almacenes para almacenar el mismo producto, es decir, la fruta en su recorrido por la planta estará dos veces almacenada y lo hará en dos cámaras frigoríficas diferentes, separadas en tiempo y espacio. Adicionalmente se debía calcular un tercer almacén que se emplearía para guardar las unidades de carga del producto una vez envasado.

Aunque se tratase de cálculos orientativos para obtener unos valores concretos, se trataba de la parte más sencilla del trabajo. Si bien es cierto que en una empresa que trabaja con productos agrícolas, las variaciones de demanda a lo largo del año experimentan grandes desviaciones, lo que provoca temporadas donde la fábrica se va a encontrar casi sin movimiento y otros meses donde va a saturarse por completo.

El siguiente punto era el de describir el proceso productivo en detalle, separando las actividades que se realizan y obtener sus requerimientos de espacio. Este punto era el más complejo, no por los cálculos, ya que no existe un método que te permita obtener un valor, sino la propia experiencia en el proceso y la observación. Por eso, para poder obtener estos requerimientos ha sido necesaria la observación del funcionamiento de la planta que tienen actualmente y la ayuda por parte de los operarios que realizan el proceso.

Se trataba de ver qué recorrido hacía el producto a su paso por la fábrica, los movimientos que hacía y que valor obtenía al pasar por cada etapa. La empresa cuenta con una línea de producción, que abarca desde que se vierte el producto que viene del campo y ha estado en refrigeración, hasta que se envasa y se paletiza para volver a enfriarse y distribuirse.

Una vez que ya se había determinado y clasificado cada sección, con la aplicación de la metodología S.L.P. se procedía a obtener una serie de configuraciones de planta. El problema que se daba en este punto era en el que, al haber un alto número de actividades, resultaba compleja su ordenación en un plano. Se tuvo que recurrir a la realización de dos maneras de obtener dicha configuración, una era la continuación del método y conseguía dar un aspecto visual a las relaciones mientras que la otra representaba en el plano las mayores relaciones entre actividades y facilitaba su agrupación.

Tras conseguir de una forma esquemática una primera aproximación, se procedía a la realización de varias configuraciones. Se optó por establecer una superficie con unas medidas fijas e ir obteniendo varias soluciones. En cada una variaban las dimensiones de cada actividad y su ordenación, pero siempre cumpliendo con el mínimo requerido de espacio.

El siguiente paso fue evaluar esas alternativas para obtener la más completa. Para ello se empleó el método AHP, y se establecieron una serie de criterios de forma objetiva. Pese a que la estructura era similar en las cuatro alternativas, la utilización de dichos criterios permitió determinar cuál era la más adecuada.

Ya con la configuración seleccionada se procedió a explicar en detalle los componentes de cada sección. En el caso de los almacenes, se realizó el diseño de las cámaras, con su capacidad y distribución de los bloques. Para el proceso productivo, se diseñó la línea y se situó en el plano, junto con las distintas zonas de envasado que presentaba la zona de producción. Por último, en las secciones auxiliares, se hizo hincapié en los accesos entre ellas y en los elementos que las forman.

Para concluir el trabajo se pensó en realizar un análisis económico financiero, pero al tratarse de un proyecto de ampliación y por motivos cuantitativos y cualitativos no se podía explicar en detalle como se transferían los diferentes costes. Se observó que no correspondía realizarlo y si era más idóneo realizar un desglose del presupuesto del proyecto. Al tratarse de un proyecto real, gracias a la ayuda de la empresa realizadora del proyecto, se consiguió realizar una valoración del coste de este.

En líneas generales, se ha propuesto una solución que permitiría la aplicación de un proyecto realizable, dando solución a las exigencias de crecimiento de la demanda. De este modo, se ha alcanzado el principal objetivo del trabajo: obtener diferentes alternativas de diseño, así como aplicar distintas metodologías de desarrollo y evaluación vistas durante la especialidad de organización.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Anaya Tejero, J. J., 2008. *Almacenes Análisis, diseño y organización*. Madrid: Esic Editorial.

Cardos Carboneras+, M., Garcia Sabater, J. P. & Laño Esteban, F. C., 2003. *Manutención y almacenaje: diseño, gestión y control*. Valencia: Editorial de la Upv.

Cardos Carboneras, M., 2021. *poliformat*. [En línea]  
Available at: [https://poliformat.upv.es/portal/site/ESP\\_0\\_2874/tool/6d6fdc9b-cd80-4db0-9971-25296f8757fd/ShowPage?returnView=&studentItemId=0&backPath=&btiAppStores=false&errorMessage=&clearAttr=&messageId=&source=&title=&sendingPage=7481192&newTopLevel=false&poste dCo](https://poliformat.upv.es/portal/site/ESP_0_2874/tool/6d6fdc9b-cd80-4db0-9971-25296f8757fd/ShowPage?returnView=&studentItemId=0&backPath=&btiAppStores=false&errorMessage=&clearAttr=&messageId=&source=&title=&sendingPage=7481192&newTopLevel=false&poste dCo)

[Último acceso: 03 06 2021].

Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2020. *Toma de decisiones en dirección de proyectos. Método AHP*. Valencia: s.n.

DSV , 2021. *DSV Global Transport and Logistics*. [En línea]  
Available at: <https://www.dsv.com/es-es/nuestras-soluciones/modos-de-transporte/transporte-por-carretera/medidas-camion-trailer/trailer-frigorifico-o-camion-frigo>

[Último acceso: 18 06 2021].

Errasti, A., 2011. *Logística de almacenaje: diseño y gestión de almacenes y plataformas logísticas world class warehousing*. Madrid: Pirámide.

Google Maps, 2021. *Google maps*. [En línea]  
Available at: <https://www.google.com/maps>

[Último acceso: 27 05 2021].

Grupotec, 2020. *Proyecto de ejecución: construcción de nueva central hortofrutícola*, Murcia: s.n.

Kearney, A., 2004. *European Logistics Association (ELA)*. 4ª ed. Hamburgo: Deutscher Verkehrs-Verlag.

Muther, R., 1981. *Distribución en planta*. 4ª edición ed. Barcelona: Hispano Europea.

Perez Salvatierra, M., 2014. *slideshare*. [En línea]  
Available at: <https://www.slideshare.net/MaikPerezSalvatierra/12-tema-12-35904697>

[Último acceso: 12 06 2021].

Rotomshop, 2021. *Rotomshop facilitates your logistics*. [En línea]  
Available at: [https://www.rotomshop.es/caja-plegable-600x400x180mm-usada.html?source=googlebase&gclid=Cj0KQCjwub-HBhCyARIsAPctr7w1h58PF4GQocEOrf4CAGyXItsryN7Sk5N9QTR5tBLu-uBFXMzTtRIaAsFzEALw\\_wcB](https://www.rotomshop.es/caja-plegable-600x400x180mm-usada.html?source=googlebase&gclid=Cj0KQCjwub-HBhCyARIsAPctr7w1h58PF4GQocEOrf4CAGyXItsryN7Sk5N9QTR5tBLu-uBFXMzTtRIaAsFzEALw_wcB)

[Último acceso: 17 07 2021].

Santamarina Siurana, M. C. & Hospitaler Perez, A., 1995. *Distribución en Planta*. 1ª edición ed. Valencia: Reproval S. L..



ToñiFruit, 2021.  
Available  
[Último acceso: 15 5 2021].

*Toñifruit* *organic* *fruit.*  
at:

[En línea]  
<https://tonifruit.com/>



## 12. ANEXOS

- 12.1. Distribución planta actual
- 12.2. Plano 1. Alternativa 1
- 12.3. Plano 2. Alternativa 2
- 12.4. Plano 3. Alternativa 3
- 12.5. Plano 4. Alternativa 4
- 12.6. Plano 5. Distribución de la nueva planta

